ПМР

ПОВЫШЕНИЕ МАСТЕРСТВА РАБОЧИХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.И. Беляков
А.Л. Левинзон
В.А. Галимуллин

Земляные работы

СТРОЙИЗДАТ

ПМР
ПОВЫШЕНИЕ МАСТЕРСТВА
РАБОЧИХ
СТРОИТЕЛЬСТВА
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Серия основана в 1973 году

Ю.И.Беляков
А.Л.Левинзон
В.А.Галимуллин

Земляные работы

2-е издание,
переработанное
и дополненное

Москва
Стройиздат
1990

ББК 38.623
Б 44
УДК 624.13

Печатается по решению секции литературы по технологии строительных работ редакционного совета Стройиздата

Рецензент — д-р техн. наук И. П. Балбачан

Редактор — Г. А. Полякова

Беляков Ю. И. и др.

Б 44 Земляные работы/Ю. И. Беляков, А. Л. Левинзон, В. А. Галимуллин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1990. — 271 с.: ил. — (Повышение мастерства рабочих стр-ва и пром-сти строит. материалов). — ISBN 5-274-00794-5

Изложены основные требования по технологии и механизации земляных работ в различных условиях, в том числе при реконструкции производственных предприятий в условиях сложившейся городской застройки, обводненных и мерзлых грунтов и др. Описаны рациональные средства механизации, оборудование и приспособления. Авт. 1-го изд. (1982 г.) Ю. И. Беляков, А. Л. Левинзон, А. В. Резуник.

Для рабочих строительных специальностей.

Б $\frac{3307000000-435}{047(01)-90}$ 136—90

ББК 38.623

© Стройиздат, 1983
© Ю. И. Беляков, А. Л. Левинзон, В. А. Галимуллин, 1990, с изменениями

ISBN 5-274-00794-5

Введение

Главная задача XII пятилетки и на период до 2000 г. — резко повысить производительность труда в строительстве, ускорить создание и внедрение прогрессивной технологии, систем машин и механизмов, обеспечивающих комплексную механизацию строительно-монтажных работ. При этом особое внимание уделено необходимости значительного увеличения объемов работ по реконструкции предприятий.

Объемы земляных работ в строительстве ежегодно увеличиваются и составляют в настоящее время около 16 млрд. м^3. Выполнение указанных объемов работ производится как в обычных, так и в сложных условиях: в зимний период, при разработке прочных (полускальных, скальных) и обводненных грунтов, а также в стесненных условиях городской застройки. При этом на выбор технологии и средств механизации земляных работ, а также производительность и эффективность применяемого оборудования значительное влияние оказывают физико-механические свойства и показатели разрабатываемых грунтов.

Мерзлые грунты распространены на 90 % территории нашей страны, из них 47 % занимают вечномерзлые. Ежегодно разрабатывается около 1 млрд. м^3 мерзлых грунтов, которые по прочности в несколько раз превышают прочность немерзлых (талых) грунтов. Все это создает серьезные трудности для разработки мерзлых грунтов землеройным и землеройно-транспортным оборудованием и необходимость применения их по специальным технологическим схемам, которые рассмотрены в книге.

Прочные грунты (скальные и полускальные) занимают сравнительно небольшой удельный вес в общем объеме земляных работ, однако разработка их представляет особые сложности, связанные с предварительным их разрыхлением взрывным и механическим способами. От степени (качества) предварительной подготовки этих грунтов существенно зависит технология применения, а также производительность и эффективность работы землеройного и вспомогательного оборудования. В связи с этим в книге уделяется значительное внимание вопросам предварительного разрыхления прочных грунтов различными методами.

Разработка обводненных грунтов характеризуется их налипанием к соприкасающимся поверхностям землеройного и транспортного оборудования, а также просадкой последних и представляет значительные затруднения. Поэтому в обводненных районах требуется понижение уровня грунтовых вод при устройстве

выемок, а также осуществление мероприятий по ограждению разрабатываемых выемок от атмосферных вод.

В стесненных условиях значительные объемы работ в настоящее время выполняются вручную. В связи с этим необходимо более широко применять эффективные средства комплексной механизации, в том числе специального и малогабаритного исполнения. В книге рассмотрены существующие и новые технологические схемы производства земляных работ, позволяющие использовать мобильное оборудование, в том числе со сменными рабочими органами и тем самым сократить объемы ручного труда.

В условиях реконструкции объектов производство земляных работ, как правило, осуществляется в специфических условиях (очень стесненные условия, наличие вблизи конструкций и действующего оборудования, ограниченные сроки работ и т. п.). Все это приводит к непригодности традиционных способов и средств производства земляных работ, увеличению объемов ручного труда и к резкому снижению эффективности применяемых машин. В связи с этим в книге рассмотрены технологические схемы использования существующего оборудования, а также описаны схемы эффективного применения вновь создаваемого оборудования для использования в условиях реконструкции объектов различного назначения.

В доступной форме излагаются основные направления по решению указанных выше вопросов, связанных с производством земляных работ в обычных и сложных условиях.

Первое издание книги Ю. И. Белякова, А. Л. Левинзона, А. В. Резуника вышло в 1982 г. С тех пор в производстве земляных работ, оборудовании произошли значительные изменения: резко увеличились объемы земляных работ при реконструкции предприятий, появились новые виды сменного рабочего оборудования землеройных машин, в том числе машины малогабаритного исполнения и т. д. В связи с этим второе издание книги существенно переработано и дополнено. Включены материалы, характеризующие новые технологические схемы и приемы работ, в особенности при реконструкции промышленных предприятий. Приводятся сведения о работе современных машин (экскаваторов, погрузчиков, скреперов и др.) в различных условиях, в том числе малогабаритного исполнения и с новыми сменными рабочими органами. Больше внимания уделено технике безопасности выполнения земляных работ в различных условиях.

Главы I, II, IV и VI написаны Ю. И. Беляковым, глава III — Ю. И. Беляковым и В. А. Галимуллиным, а глава V — Ю. И. Беляковым и А. Л. Левинзоном.

Глава I
Общие положения по производству земляных работ

1.1. Грунты как объект разработки

Грунты — это горные породы, образующие поверхностные слои земли и составляющие так называемую кору выветривания, которые могут служить основанием или материалом для сооружений.

Грунт состоит из трех основных фаз: твердой (минеральные частицы, образующие скелет), жидкой (вода, частично или полностью заполняющая поры грунта) и газообразной (воздух). При промерзании вода полностью или частично превращается в лед. Грунт представляет собой гигроскопический материал, поглощающий воду из паров воздуха.

Основными составляющими элементами грунта являются песок и глина. Песок образуется путем механического разрушения коренных горных пород. Пески малосвязаны, водопроницаемы, пластичны, малосжимаемы, при высыхании не уменьшаются в объеме и легко промываются. Глина — продукт химико-механического разрушения горных пород — обладает связностью, пластичностью, плохой водопроницаемостью, при намокании увеличивается в объеме, а при высыхании уменьшается. Смеси песка и глины называются супесями и суглинками.

Грунты, у которых размер частиц занимает среднее положение между песчаными и глинистыми, носят название пылеватых грунтов. Пылеватые частицы характеризуются присущими только им физическими свойствами. Так, при увлажнении они переходят в состояние плывунов, легко деформируются и резко снижают прочность. Пылеватые частицы, так же как и песчаные, образуются в результате выветривания горных пород.

По происхождению, состоянию и механической прочности грунты подразделяются на скальные и нескальные.

К скальным грунтам относятся изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткими связями между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива.

В соответствии со СНиП 2.02.01—83 «Основания зданий и сооружений» скальные грунты по величине временного сопротивления одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии R_c подразделяются на очень прочные $R_c > 120$ МПа, прочные $R_c = 50...120$ МПа, средней прочности $R_c = 15...50$ МПа, малопрочные $R_c = 5...15$ МПа и полускальные $R_c < 5$ МПа.

По степени выветренности $K_{в.с}$ (отношение плотности образца выветренного грунта к плотности невыветренного образца того же грунта) скальные грунты подразделяются на невыветренные (монолитные), слабовыветренные (трещиноватые), выветренные и сильновыветренные (рухляки). Значения коэффициента $K_{в.с}$ при этом составляют соответственно 1; 0,9...1; 0,8...0,9 и менее 0,8.

К нескальным грунтам относятся:

крупнообломочные — несцементированные грунты, содержащие более 50 % по массе обломков кристаллических или осадочных пород с размерами частиц более 2 мм;

песчаные — сыпучие в сухом состоянии грунты, содержащие менее 50 % по массе частиц крупнее 2 мм и не обладающие свойством пластичности, число пластичности его $J_p < 0,01$;

глинистые — связные грунты, для которых число пластичности $J_p \geqslant 0,01$.

Основным объектом разработки в строительстве являются песчаные и глинистые, а также крупнообломочные и полускальные грунты, покрывающие большую часть земной поверхности.

Основные физико-механические свойства и показатели грунтов:

в массиве (целике) — гранулометрический состав, пористость, плотность, влажность, пластичность, прочность, степень выветренности (трещиноватости);

в разрыхленном состоянии — гранулометрический состав, плотность, прочность, разрыхляемость.

Гранулометрический состав является одним из основных признаков физического состояния грунтов.

Грунтовые частицы крупностью менее 0,005 мм называют глинистыми; 0,005...0,05 мм — пылеватыми; 0,05...2 мм — песчаными; 2...20 мм — гравием (окатанные) или дресвой (остроугольные), 20...200 мм — галькой или щебнем и более 200 мм — валунами или камнем.

В зависимости от содержания глинистых, пылеватых и песчаных частиц различают: глины — более 30 % глинистых частиц, суглинки — глинистых частиц 10...30 % и супеси — глинистых частиц 3...10 %.

Пористостью называется отношение объема пор к общему объему грунта, выраженному в процентах. Нескальные грунты отличаются от скальных большим количеством пор. Пористость характеризует плотность сложения грунта и особенно важна при его уплотнении.

Пористость некоторых видов грунтов

Доломит	0,53...13
Глинистый сланец	0,49...7,5
Известняк, мрамор	8...45
Глина	35...52
Суглинок:	
лессовидный	42...47
мореный	24...26
Песок:	
пылеватый	41...45
плотный	31...48
Супесь	25...30
Ил	60...90
Супесь	39...43
Лесс	38...60

Плотностью грунта γ называется отношение массы 1 м³ грунта при естественной влажности $q_г$ к его объему

$$\gamma = q_г/V_г.$$

Плотность песчаных и глинистых грунтов: 1,5...2,1 т/м³, полускальных — 2...2,4 т/м³ и скальных — более 2,5 т/м³.

Влажность грунтов w характеризует степень насыщенности пор грунта водой и определяется отношением массы воды в грунте к массе его твердых частиц (скелета). Один и тот же грунт в зависимости от количества содержащейся в нем воды существенно изменяет свои свойства. С увеличением влажности связ-

ных грунтов снижается коэффициент трения, сцепления. Естественная влажность грунта обычно составляет, %: песка 7...10; супесей — 10...15; суглинков — 15...25; глин 20...35.

Важным свойством, главным образом глинистых грунтов, является липкость. При большой липкости грунта усложняются его выгрузка из ковша машины или кузова, условия работы конвейера или передвижки машин. При большой липкости глинистых грунтов необходимо предусматривать специальные защитные мероприятия.

Плотность скелета грунта используется при вычислении степени уплотнения грунта в инженерных сооружениях и определяется по формуле

$$\Delta = \gamma/(1 + w/100),$$

где γ — плотность влажного грунта, т/м^3; w — влажность, %.

Пластичность грунта выражается числом пластичности $J_р$, которое представляет из себя разность влажностей в долях единицы, соответствующее двум состояниям грунта: на границе текучести $w_т$ и на границе раскатывания (пластичности) $w_р$. Число пластичности $J_р$ у супесей изменяется от 1...7, суглинков — 7...17, а у глин — более 17.

Прочность грунтов характеризуется их способностью сопротивляться внешним силовым воздействиям. Наиболее часто прочность грунтов характеризуется временным сопротивлением одноосному сжатию, показателем динамического плотномера (числом C), скоростью бурения 1 м шпура, сцеплением, скоростью распространения упругих волн.

Показатель динамического плотномера (число C) определяют по сопротивлению внедрению в грунт металлического стержня площадью 1 см^2. Плотномер состоит из металлического стержня с двумя упорами, между которыми размещается цилиндрический груз. Рабочая длина стержня составляет 10 см. Ход падающего груза ограничен, следовательно, удары груза имеют определенное значение. Число ударов груза, необходимое для заглубления стержня на 10 см, характеризует состояние грунта (число C).

Скорость распространения упругих волн зависит от деформации попеременного объемного сжатия и растяжения, вызванных механическим или взрывным им-

пульсом. Различают скорости продольных v_p (табл. 1.1) и поперечных v_s упругих волн в куске (образце) грунта. Скорость распространения продольной волны в массиве несколько меньше скорости в куске вследствие трещиноватости массива.

1.1. Скорости распространения упругой продольной волны некоторых грунтов v_p, км/с

Грунт	Плотность γ, т/м³	Скорость волны, км/с
Песок	1,4...2	0,3...1,3
Глина	1,4...2,5	0,8...3,3
Уголь	1,25	1,2
Известняк	2,42	3,43
Сланец	2,46	6,92

Гранулометрический состав разрыхленной массы характеризуется процентным содержанием кусков различных фракций. Наиболее общим характерным показателем гранулометрического состава является средневзвешенный размер кусков (средний диаметр кусков) $d_{ср}$, см,

$$d_{ср} = P_i \sum_{i=1}^{n} d_i,$$

где P_i — содержание фракций в долях единицы; d_i — средний размер фракции, определяемый как среднеарифметическое размеров фракций, см.

Разрыхляемость — это способность грунта увеличиваться в объеме при разработке вследствие потери связи между частицами. Увеличение объема грунта характеризуется коэффициентами первоначального разрыхления $K_р$ и остаточного разрыхления $K_{р.о}$.

Коэффициент первоначального разрыхления $K_р$ представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к его объему в естественном состоянии и составляет: для песчаных грунтов 1,08...1,17; суглинистых — 1,14...1,28; глинистых — 1,24...1,3. Для полускальных и скальных грунтов коэффициент $K_р$ зависит от кусковатости разрыхленного материала (среднего размера куска $d_{ср}$) и составляет обычно: при взрывании «на встряхивание» 1,15...1,2 и при взрывании «на

развал» 1,3...1,5 (при большой кусковатости 1,6...1,8).

Коэффициент остаточного разрыхления $K_{р.о}$ характеризует остаточное увеличение объема грунта (по сравнению с естественным состоянием) после его уплотнения под действием массы вышележащих слоев, атмосферных осадков, движения транспорта или механического уплотнения. Коэффициент остаточного разрыхления обычно на 10—20 % меньше величины $K_р$ этих же грунтов.

Эффективность работы землеройного и землеройно-транспортного оборудования при разработке грунтов из массива определяется в первую очередь их прочностными свойствами (C, сцепление $C_к$, скорость бурения и т. д.), степенью выветренности массива $K_{в.с.}$, плотностью γ, влажностью w и абразивностью. На разрыхленных грунтах работа машин зависит в основном от кусковатости (среднего размера куска и выхода негабаритов $P_н$), коэффициента разрыхления массы $K_р$, а также прочностных свойств, плотности и абразивности грунтов.

Физико-механические свойства мерзлых грунтов значительно отличаются от аналогичных свойств грунтов, находящихся в немерзлом (талом) состоянии, при этом существенное значение имеет сцементированность (спаянность) минеральных частиц льдом, в значительной степени оцениваемая льдистостью мерзлых грунтов и количественным содержанием в них незамерзающей при данной отрицательной температуре поровой воды.

Основными свойствами мерзлых грунтов являются повышенная механическая прочность, пластические деформации, пучинистость и повышенное электросопротивление. Появление этих свойств зависит от температуры, влажности и вида грунта (рис. 1.1).

С понижением температуры механическая прочность грунта, а также сопротивление резанию и копанию резко возрастают. В связи с тем, что температура сезонного мерзлого грунта изменяется по глубине мерзлого слоя $h_{пр}$, то соответственно изменяются прочностные характеристики грунта: наибольшие значения они имеют в верхней (наружной) части мерзлого слоя и наименьшие — на границе мерзлого и немерзлого (талого) грунта. Абразивность мерзлых грунтов в десятки раз выше, чем немерзлых, и возрастает с по-

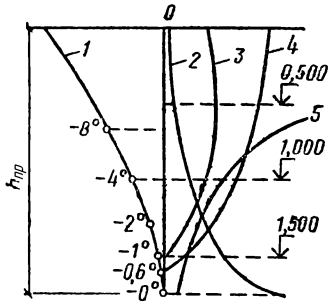


Рис. 1.1. Изменение механических свойств мерзлого грунта в зависимости от глубины промерзания

1 — температура грунта; *2* — пластические деформации; *3* — пучение; *4* — механическая прочность; *5* — электросопротивление

вышением температуры. Сопротивление различным видам деформации неодинаково: так, например, сопротивление сдвигу — в 1,5, сжатию — в 3, а резанию — в 7...11 раз больше, чем сопротивление растяжению.

Глубина промерзания грунтов $h_{пр}$ зависит от следующих факторов: температуры воздуха, силы ветра, толщины снежного покрова, характера естественного покрова (трава, пахотная земля, торф, камни, дорожные покрытия и т. п.), а также теплопроводности, влажности и уровня грунтовых вод. Ожидаемая глубина сезонного промерзания грунтов на различные периоды зимы может быть достаточно точно определена по соответствующим формулам.

1.2. Группировка грунтов по трудности разработки

Сопротивляемость грунтов резанию и копанию. Многие типы землеройных и землеройно-транспортных машин устроены и действуют по принципу резания грунтов с отделением стружки. В технологическом отношении под резанием грунтов подразумевается процесс отделения от грунтового массива кусков или слоев (стружек) инструментом клинообразной формы. В физическом понимании — это один из способов механического разрушения грунтов.

Исследования процесса резания грунтов с различными свойствами проводились многими учеными и организациями нашей страны и в первую очередь профессорами Н. Г. Домбровским, А. Н. Зелениным, Ю. А. Ветровым, А. М. Холодовым, Д. И. Федоровым, В. И. Баловневым, М. И. Гальпериным, В. Д. Абегаузом и др. В результате широких экспериментальных

исследований были установлены основные закономерности процесса резания грунтов и предложены способы расчета сил резания. Они послужили основой для конструирования и создания высокопроизводительного и эффективного землеройного и землеройно-транспортного оборудования.

По предложению проф. Н. Г. Домбровского сумму рабочих сопротивлений землеройной и землеройно-транспортной машины называют сопротивлением копанию, а силы для их преодоления — силами копания. Трудность разработки различных грунтов предложено оценивать по величине удельного сопротивления копанию K_F, представляющего собой отношение касательной силы копания P_{0l} к площади поперечного среза (стружки) F, т. е. $K_F = P_{0l}/F$.

В результате исследований Н. Г. Домбровского была предложена группировка грунтов по трудности разработки землеройными машинами (по величине K_F) из шести групп, которая и была затем положена в основу ряда классификаций грунтов, в том числе и в ЕНиР.

По трудности разработки грунтов в строительном деле принимают две системы распределения грунтов (по категориям и группам).

Первая система используется конструкторами землеройно-транспортных машин при их проектировании. Все грунты (немерзлые и мерзлые) разбиты на восемь категорий по величине числа C (табл. 1.2).

1.2. Категории грунтов по величине числа C (по А. Н. Зелекину)

Характер грунта	Немерзлый (талый)				Мерзлый			
Категория	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Число C	1...4	5...8	9...16	17...34	35...70	71...140	141...280	281...560

Вторая система используется для нормирования времени на разработку грунта. Статистическими данными, определенными многолетними наблюдениями, установлено, что при разработке разных грунтов (песок, супесь, суглинок, глина и т. д.) продолжитель-

ность копания (набора грунта в ковш) и в целом цикла будет различной.

Все грунты по трудности их разработки разделены на шесть групп. В зависимости от сопротивления копанию, зависит продолжительность его набора и цикла. Чем больше номер группы грунта, тем больше продолжительность цикла, а производительность меньше. Время набора грунта (копания) зависит не только от вида рабочего органа, но и от вида машин. Поэтому для разных видов машин один и тот же грунт может быть отнесен к различным группам. Это учтено «Едиными нормами и расценками на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» (Сб Е. 2 «Земляные работы», вып. 1 «Механизированные и ручные земляные работы»). В табл. 1.3 представлено распределение немерзлых (талых) грунтов по трудности их разработки.

В соответствующей таблице ЕНиРа представлена группировка мерзлых грунтов применительно к разработке их в разрыхленном виде одноковшовыми экскаваторами и другими видами оборудования. В отличие от первой группировки здесь предусмотрены только три группы (Iм—IIIм) мерзлых грунтов, причем отсутствуют некоторые виды грунтов (аргиллиты, сланцы и др.).

Довольно часто используется классификация грунтов по времени бурения в них шпура глубиной 1 м и по средней плотности грунта γ (табл. 1.5). По этой классификации песчаные и глинистые грунты образуют первые три категории, остальные включают полускальные и скальные грунты. Начиная с четвертой, категории установлены в зависимости от времени бурения 1 м шпура.

Для полускальных и скальных грунтов используют также классификацию М. М. Протодьяконова по коэффициенту крепости f, вычисляемому по формуле

$$f = \sigma_{сж}/10,$$

где $\sigma_{сж}$ — временное сопротивление одноосному сжатию, МПа.

Недостатком отдельных критериев прочности грунтов является то, что они не отражают изменения прочностных свойств грунтов в зависимости от температуры, влажности, неоднородности, глубины промерзания и других факторов. Более целесообразен обобщающий

1.3. Распределение немерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Грунт	Плотность γ, т/м³	Вид работы						
		Разработка грунта						Рыхление грунта бульдозерами-рыхлителями
		одноковшовым экскаватором	траншейным цепным экскаватором	траншейным роторным экскаватором	скрепером	бульдозером	грейдером	
Растительный	1,2	I	I	I	I	I	I	—
То же, с корнями	1,2	I	II	II	I	II	—	—
» с щебнем	1,4	I	II	II	I	II	—	—
Песок, лесс мягкий	1,6	I	II	II	II	II	II	—
Супесь	1,65	I	II	II	II	II	II	—
То же, с примесями св. 10 %	1,85	I	—	II	II	II	—	—
Строительный мусор	1,8	II	—	—	—	II	—	—
То же, сцементированный	1,9	III	—	—	—	III	—	—
Суглинок	1,7	I	I	I	I	I	I	—
То же, с примесями св. 10 %	1,95	III	—	IV	—	II	—	—
Глина юрская	1,8	II	II	II	II	II	II	—
То же, карбонная	1,95	III	—	III	II	III	III	—
» ломовая	2,15	IV	—	IV	—	III	—	—
Мел плотный	1,8	V	—	—	—	—	—	VI
Скальный	2...2,2	VI	—	—	—	—	—	VII
Пестроцветная моренная глина	2,4	VI	—	—	—	—	—	VII

Примечания: 1. Отнесение грунтов к I—IV группам, а пестроцветных моренных глин к VI группе произведено в условиях разработки их без предварительного разрыхления. 2. Разрыхленные немерзлые грунты нормируются на одну группу ниже, чем эти же грунты в массиве (неразрыхленном состоянии). 3. К V—VI группам отнесены грунты (кроме пестроцветных моренных глин), разрабатываемые одноковшовыми экскаваторами после предварительного разрыхления.

Таблица 16. Распределение мерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Грунт	Вид работы					
	Разработка одноковшовым экскаватором предварительно разрыхленного грунта	Разработка грунта траншейными роторными экскаваторами	Разработка бульдозером предварительно разрыхленного грунта	Рыхление грунта бульдозерами-рыхлителями	Рыхление грунта клин-молотом	Нарезка прорезей баровой машиной
1. Гравийно-галечный	Iм	IIм	—	—	—	—
2. Глина:						
жирная мягкая без примесей	IIIм	IIIм	Iм	IIм	IIIм	IIм
то же, с примесью щебня, гравия или строительного мусора	IIIм	IIIм	IIIм	IIIм	IVм	IVм
тяжелая ломовая, сланцевая, твердая	IIIм	IVм	IIIм	IVм	IVм	IIIм
3. Грунт растительного слоя:						
без примесей	Iм	Iм	Iм	Iм	Iм	Iм
с примесью щебня, гравия или строительного мусора	Iм	IIм	IIм	IIм	IIм	IIIм
4. Лесс:						
мягкий	IIм	IIм	Iм	Iм	IIм	Iм
отвердевший	IIм	IIм	IIм	IIм	IIIм	IIм
5. Песок:						
без примесей	Iм	IIм	Iм	Iм	Iм	Iм
с примесью щебня, гравия или строительного мусора	Iм	IIм	IIм	IIм	IIм	IIIм
6. Солончак и солонец:						
мягкий	IIм	IIм	Iм	IIм	IIм	Iм
твердый	IIм	IIIм	IIм	IIм	IIIм	IIм
7. Суглинок:						
легкий и лессовидный без примесей	IIм	Iм	Iм	Iм	IIм	IIм
то же, с примесью щебня, гравия или строительного мусора	IIм	IIм	IIIм	IIIм	IIIм	IVм
тяжелый без примесей	IIIм	IIIм	IIм	IIIм	IIIм	IIм

Грунт	Вид работы					
	Разработка одноковшовым экскаватором предварительно разрыхленного грунта	Разработка грунта траншейными роторными экскаваторами	Разработка бульдозером предварительно разрыхленного грунта	Рыхление грунта бульдозерами-рыхлителями	Рыхление грунта клин-молотом	Нарезка прорезей баровой машиной
Суглинок						
то же, с примесью щебня, гравия или строительного мусора	IIIм	IVм	IIIм	IVм	IIIм	IVм
8. Супесь:						
легкая без примесей	Iм	Iм	Iм	Iм	Iм	Iм
то же, с примесью щебня, гравия или строительного мусора	Iм	IIм	IIм	IIм	IIм	IIIм
тяжелая без примесей	Iм	IIIм	Iм	IIм	IIм	Iм
то же с примесью щебня, гравия или строительного мусора	Iм	IVм	IIм	IIIм	IIм	IIIм
9. Строительный мусор:						
рыхлый и слежавшийся	Iм	—	IIм	IIм	IIм	—
сцементированный	IIм	—	IIIм	IVм	IIм	—
10. Торф:						
без корней	IIм	Iм	Iм	Iм	IIм	Iм
с корнями	IIм	Iм	IIм	IIм	IIм	IIм
11. Чернозем и каштановый грунт	IIм	IIм	Iм	IIм	IIм	IIм
12. Шлак:						
котельный и металлургический выветрившийся	Iм	Iм	—	—	—	—
металлургический невыветрившийся	IIм	IIм	—	—	—	—
13. Гипс, мел, мергель мягкий и средней крепости, опока, трепел слабый	IIIм	IVм	—	—	—	—

1.5. Классификация грунтов по буримости

Категория грунта	Время бурения 1 м шпура, мин	Средняя плотность γ, т/м³	Категория грунта	Время бурения 1 м шпура, мин	Средняя плотность γ, т/м³
I	—	0,6...1,7	VII	7,7	2,5...2,7
II	—	0,6...1,8	VIII	10,4	2,7...2,8
III	—	1,2...1,95	IX	14,0	2,6...3,3
IV	3,1	1,5...2,2	X	18,9	2,7...3,3
V	4,2	1,1...2,7	XI	25,5	2,9...3,3
VI	5,7	1,5...2,3			

критерий классификации, учитывающий все основные характеристики грунта. Таким критерием может служить скорость прохождения упругой волны от передатчика до приемника сквозь грунт (см. табл. 1.1). Скорость упругой волны достигает в мягких грунтах 600...800 м/с, в плотных 1500...2000 м/с, в полускальных 2500...3000 м/с и в скальных грунтах 6000...7000 м/с. Многие полускальные и скальные грунты, в особенности трещиноватые, могут быть разрыхлены статическими рыхлителями при $v_р$=2500...3000 м/с, после чего могут эффективно разрабатываться бульдозерами, скреперами и другим оборудованием.

1.3. Требования к рыхлению грунтов взрывным и механическим способами

Высокая прочность мерзлых и скальных грунтов затрудняет их разработку и не позволяет эффективно использовать обычные землеройные машины. Высокое удельное сопротивление и абразивность мерзлых грунтов значительно снижают срок службы рабочих органов землеройных машин.

Наличие в мерзлых грунтах каменистых включений исключает возможность применения многих видов землеройной техники (многоковшовых экскаваторов, фрезерных машин и др.). Производительность машин находится в прямой зависимости от содержания каменистых включений в мерзлом грунте. Так, например, при объеме каменистых включений 10 % объема разрабатываемого грунта производительность

экскаваторов снижается на 15...20 %, а станков шарошечного бурения на 20—25 %.

При разработке мерзлых и скальных грунтов возникает дополнительная операция технологического цикла — подготовка грунта к разработке. Разработка прочных грунтов является комплексной проблемой, которая должна решаться в следующих взаимосвязанных направлениях:

совершенствование технологии производства работ и разработка новых технологических приемов и методов, улучшение использования существующего парка машин и создание машин традиционного типа повышенной удельной мощности;

разработка специализированного малогабаритного оборудования и технология его применения в стесненных условиях и при реконструкции предприятий;

создание высокопроизводительных и надежных машин для рыхления и разработки прочных грунтов;

совершенствование методов и оборудования для разрушения скальных грунтов, валунов и негабаритов в стесненных условиях;

исследование и разработка принципиально новых методов разрушения мерзлых и скальных грунтов.

В настоящее время скальные и полускальные грунты, в том числе мерзлые, разрабатывают с предварительным их рыхлением взрывом или механическим способом. При разработке скальных и мерзлых грунтов взрывание обычно производится «на рыхление», когда коэффициент разрыхления $K_p = 1{,}3...1{,}7$ (в зависимости от кусковатости грунта, наиболее часто $K_p = 1{,}4...1{,}5$). При взрывании полускальных и очень плотных грунтов с целью обеспечения эффективной работы землеройного оборудования допустимо взрывание «на встряхивание» ($K_p = 1{,}1...1{,}2$).

При наиболее распространенной технологии ведения взрывных работ «на рыхление» параметры буровзрывных работ выбираются с условием обеспечения:

необходимой интенсивности и равномерности дробления грунтов (по кусковатости $d_{ср}$ и коэффициенту разрыхления K_p);

соблюдения отметок размеров и формы площади и откосов выемок в соответствии с установленными по проекту;

создания определенной формы и размеров развала,

и также достаточного объема взорванной массы для бесперебойной и производительной работы выемочно-погрузочного оборудования;

экономичности и безопасности работ.

При производстве взрывных работ в стесненных условиях предъявляются дополнительные требования к уменьшению разлета кусков взрываемого грунта и сейсмического воздействия взрыва.

Для установления заданной степени дробления грунтов и рационального соотношения между экскавационным и транспортным оборудованием необходимо знать величину максимальных размеров кусков грунта.

В технических характеристиках некоторых строительных экскаваторов иногда указывают максимальные размеры взорванных скальных грунтов: так, например, для экскаваторов Э-302Б, Э-1252Б, ЭО-4321 и ЭО-5122 максимальные размеры кусков составляют соответственно 0,15; 0,28; 0,4 и 0,6 м.

При работе экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами необходимо различать следующие разновидности кусков:

допустимый размер куска $l_д$, который определяют из условия свободного прохождения через ковш экскаватора вместе с разрыхленной грунтовой массой и разгрузки их в транспорт;

максимально допустимый размер куска $l_{д\,max}$, который определяют из условия затрудненного прохождения его через ковш с открывающимся днищем и разгрузки его в транспорт;

негабаритный кусок $l_н$, не проходящий через поперечное сечение ковша или не размещающийся в ковше (при расположении куска по высоте ковша), погрузку которого экскаватором можно производить только в исключительных случаях.

При определении допустимых размеров кусков необходимо учитывать тип экскаватора и способ разгрузки ковша, схему работы экскаватора (в отвал или транспорт). Если у прямых лопат с механическим приводом грунт при разгрузке ковша проходит через раскрывающееся днище (ковш с раскрывающимся днищем, двухчелюстной ковш и т. п.), то у гидравлических экскаваторов, обратных лопат с механическим

приводом и драглайнов разгрузка грунта осуществляется за счет поворота ковша в вертикальной плоскости. При определении допустимого и максимально допустимого размеров кусков необходимо исходить из технических соображений (условия прохождения через ковш и устранения недопустимых нагрузок на днище транспорта), при определении размеров негабаритного куска помимо указанных необходимо учитывать условия безопасной работы экскаватора.

Практика показывает, что при работе строительных экскаваторов с механическим приводом в отвал допустимый размер куска $l_д$ не должен превышать величины $0{,}8\sqrt[3]{E}$ (E — вместимость ковша, м^3). При работе прямых и обратных лопат в транспорт величина $l_д$ не должна превышать $0{,}6\sqrt[3]{E}$, а у драглайнов — $0{,}4\sqrt[3]{E}$ (табл. 1.6).

1.6. Расчетный допустимый размер кусков при работе одноковшовых экскаваторов на скальных грунтах, м

Вместимость ковша, м^3	Экскаватор с механическим приводом			Экскаватор с гидравлическим приводом	
	при работе в отвал ($0{,}8\sqrt[3]{E}$)	с прямой и обратной лопатами ($0{,}6\sqrt[3]{E}$)	с оборудованием драглайна ($0{,}4\sqrt[3]{E}$)	при работе в отвал	при погрузке в транспорт
0,15	0,42	0,32	0,22	0,4	0,35
0,25	0,5	0,38	0,26	0,51	0,45
0,4	0,59	0,44	0,3	0,62	0,54
0,65	0,7	0,52	0,34	0,77	0,67
1	0,8	0,6	0,4	0,93	0,81
1,6	0,94	0,7	0,46	1,11	0,97
2,5	1,09	0,82	0,54	1,32	1,15

Максимально допустимый размер куска $l_{д\,max}$ при работе экскаваторов с механическим приводом или с раскрывающимся днищем ковша для расчета может быть принят равным 90 % ширины $b_к$, а для гидравлических экскаваторов и обратных лопат с механическим приводом, равным $0{,}9R$ (R — расстояние от оси шарнира крепления ковша к рукояти до оси зубьев ковша в вертикальной плоскости).

Для ковшей обратной лопаты гидравлических экскаваторов R определяется по формуле

$$R = 1,1\sqrt[3]{E} + 0,26.$$

Тогда максимально допустимые размеры кусков из условия прохождения через ковш экскаватора могут быть определены из следующих выражений:

для экскаваторов с механическим приводом

$$l_{\text{д}\max} = 0,9b_{\text{к}} = 1,15\sqrt[3]{E};$$

для экскаваторов с гидравлическим приводом

$$l_{\text{д}\max} = 0,9R = 0,9\left(1,1\sqrt[3]{E} + 0,26\right) = \sqrt[3]{E} + 0,23.$$

Работа экскаваторов с кусками $l_{\text{д}\max}$ возможна только при нескальных грунтах (мерзлых, очень плотных и т. п.), а загрузка в транспорт — после предварительной подсыпки днища транспорта мелким грунтом (создание «подушки»).

Размеры негабаритного куска $l_{\text{н}}$ при работе строительных экскаваторов в каждом конкретном случае должны определяться не только размерами ковша, но и плотностью грунта, квалификацией машиниста, условиями производства работ (степень видимости и т. д.) и предельной нагрузкой на транспортное средство.

При большом опыте машиниста экскаватора, в присутствии представителей технического надзора, при благоприятных условиях погрузки (хорошей видимости, погрузке на уровне стоянки экскаватора) величина негабаритного куска может превышать величину $l_{\text{д}\max}$ не более чем на 15 %:

для экскаваторов с механическим приводом

$$l_{\text{н}} = 1,35\sqrt[3]{E};$$

для экскаваторов с гидравлическим приводом

$$l_{\text{н}} = 1,27\sqrt[3]{E} + 0,26.$$

При погрузке негабаритного куска в транспорт должна быть осуществлена предварительная подсыпка мелким грунтом днища. При недостаточном опыте машиниста, неблагоприятных условиях работы и в отсутствии представителей технического надзора погрузка негабаритных кусков должна быть запрещена.

Расчетные значения максимальных кусков применительно к некоторым моделям строительных экскаваторов приведены в табл. 1.7.

1.7. Расчетные размеры максимальных кусков при работе строительных экскаваторов

Экскаватор	Вместимость ковша, м³	Ширина ковша, м	Величина R, м	Размеры кусков, м		
				$l_д^*$	$l_{дmax}^{**}$	$l_н^{**}$
Прямая лопата с механическим приводом:						
Э-652Б	0,5	1,05	—	0,55...0,63	0,91	1,07
Э-10011Д	1	1,2	—	0,7...0,8	1,15	1,35
Э-2503	3,2	1,8	—	1,03...1,18	1,69	1,99
Обратная лопата с механическим приводом:						
Э-652Б	0,65	1,16	—	0,6...0,69	1	1,17
Э-10011Д	1	1,24	—	0,7...0,8	1,15	1,35
Э-1251Б, Э-1252Б	1,4	1,4	—	0,78...0,89	1,29	1,51
С гидравлическим приводом:						
ЭО-3322А, ЭО-3323	0,4	0,85	1,07	0,64	0,97	1,2
Э-5015А	0,65	1,05	1,2	0,79	1,1	1,36
ЭО-4321А, ЭО-4121Б	1	1,25	1,36	0,94	1,23	1,53
ЭО-5122А, ЭО-5123	1,25	1,35	1,45	1,01	1,31	1,63

* Для скальных грунтов.
** Для нескальных грунтов.

Максимальный кусок мерзлого грунта после взрывания или рыхления механическим способом $l_д$ может быть определен из выражения

$$l_д = a_1 \sqrt[3]{E},$$

где a_1 — коэффициент, зависящий от типа и модели экскаватора (табл. 1.8).

Для одноковшовых погрузчиков максимальный размер по ребру куска, загружаемого из навала взор-

1.8. Значения коэффициента a_1

Экскаватор	Вместимость ковша, м³		
	до 0,65	0,75...1	1,25...2,5
Прямая и обратная лопаты:			
с механическим приводом	0,75	0,75	0,75
с гидравлическим приводом	0,75	0,8	0,85
Драглайн	0,6	0,5	0,4

ванных скальных грунтов, может быть определен из выражения

$$l_д \leqslant 1{,}21\sqrt{q_п/\gamma},$$

где $q_п$ — номинальная грузоподъемность погрузчика, т; γ — плотность грунта, т/м³.

Для скреперов при погрузке, транспортировании и разгрузке разрыхленных мерзлых, полускальных и скальных грунтов величина $l_д$ определяется из выражения

$$l_д = \eta_с \eta_п \sqrt[3]{E_с},$$

где $\eta_с$ — коэффициент, зависящий от типа скрепера (для прицепных скреперов — 0,3; для самоходных — 0,4); $\eta_п$ — коэффициент, зависящий от плотности грунта (для плотных грунтов — 1,08; для полускальных — 1,05; для скальных — 1); $E_с$ — геометрическая вместимость ковша скрепера, м³.

Предложенная методика определения максимальных размеров кусков должна использоваться при выборе рациональной технологии работ, что позволит повысить надежность и эффективность работы экскаваторного и транспортного оборудования при устройстве земляных сооружений.

1.4. Виды земляных сооружений и машины для земляных работ

Земляные сооружения представляют собой особую группу инженерных сооружений, образуемых в грунтовом массиве или возводимых из грунта, уложенного на поверхности земли. Земляное сооружение, распо-

ложенное ниже поверхности, называется выемкой; на поверхности — насыпью и на определенной глубине от поверхности — подземным сооружением.

По назначению земляные сооружения классифицируются на гидротехнические (плотины, дамбы, каналы и т. п.); мелиоративные (водоудерживающие сооружения, водоподводящие, распределительные и осушительные каналы, пруды, очистные сооружения и т. п.); дорожные (земляное полотно для железных и автомобильных дорог); сооружения промышленного и гражданского назначения (площадки промпредприятий, городов, сооружение водопровода и канализации и т. п.).

Земляные сооружения делятся на постоянные и временные.

Постоянные земляные сооружения предназначены для эксплуатации в течение длительного времени. К ним относятся: спланированные площадки, земляное полотно дорог, плотины, дамбы, каналы, искусственные водоемы, отстойники и т. п.

Временные земляные сооружения устраивают для выполнения последующих строительно-монтажных работ. К ним относятся: котлованы, траншеи, перемычки, нагорные и водоперехватывающие канавы и т. п.

В промышленном и жилищно-гражданском строительстве наиболее часто приходится выполнять работы, связанные с планировкой площадок, устройством котлованов и различных траншей.

Машины для выполнения земляных работ делят на три группы:

землеройные (экскаваторы, землеройно-транспортные машины);

машины для уплотнения грунтов;

машины для вспомогательных работ.

Экскаваторы различают цикличного (одноковшовые) и непрерывного (многоковшовые) действия.

Землеройно-транспортные машины включают бульдозеры, скреперы, грейдеры, струги-метатели и грейдеры-элеваторы.

Машины для уплотнения грунтов по принципу действия разделяют на две группы — статического и динамического действия. К первым относятся самоходные и прицепные катки, а ко вторым — самоход-

ные и прицепные вибрационные катки, виброплиты и трамбовочные машины.

К машинам для выполнения вспомогательных работ относятся кусторезы, корчеватели, рыхлители и планировщики.

Одноковшовые экскаваторы. Основную долю земляных работ (около 45 %) выполняют одноковшовыми экскаваторами.

Основное рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов используют в зависимости от характера выполняемых работ:

прямая лопата — для разработки грунтов, расположенных выше стоянки экскаватора, выемки грунтов из котлованов и резервов с их погрузкой в транспорт;

обратная лопата — для разработки грунтов, находящихся ниже уровня стоянки экскаватора, преимущественно при рытье траншей, небольших котлованов и резервов с погрузкой грунта в транспорт и укладкой в отвал;

драглайн — для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. В отечественной практике экскаваторы, оборудованные драглайном, получили широкое распространение (около 45 %);

грейфер — для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и тому подобных работ, особенно в условиях разработки грунтов ниже уровня грунтовых вод, добыча песка и гравия из-под воды;

телескопическое оборудование — для планировки откосов, зачистки дна котлованов и траншей, расчистки каналов.

Одноковшовые экскаваторы выпускают с механическим и гидравлическим приводами, а также с гибкой подвеской рабочего оборудования (драглайн).

Экскаваторы по массе, вместимости ковша и параметрам имеют несколько размерных групп (табл. 1.9)

Экскаваторы с ковшом вместимостью до 0,5 м^3 находят широкое применение в сельскохозяйственном, водохозяйственном, жилищном и промышленном строительстве. Они предназначаются для выполнения мелких рассредоточенных работ. Экскаваторы с ковшами вместимостью 0,65...3,2 м^3 используют в жилищ-

1.9. Размерные группы строительных одноковшовых экскаваторов

Привод	Показатель	Размерная группа экскаватора				
		3	4	5	6	7
Механический	Масса, т	11,6	21	36	42	95
	Вместимость ковша E, м^3	0,4	0,65	1...1,2	1,25	2,5...3
Гидравлический	Масса, т	14,5	23	36,5	58	—
	Вместимость ковша E, м^3	0,4...0,65	0,65...1,25	1,25...3	1,6...3,2	

1.10. Техническая характеристика гидравлических экскаваторов

Показатель	ЭО-5015А	ЭО-3322Б, ЭО-3323	ЭО-4321А, ЭО-4321Б	ЭО-4121Б, ЭО-4124, ЭО-4125	ЭО-5122А, ЭО-5123, ЭО-5124	ЭО-6122, ЭО-6123
Вместимость ковша, м^3:						
прямая лопата	—	—	0,65	1...0,65	1,6...2	2,5...3,2
обратная лопата	0,5	0,5	0,65...1	1...0,65	1,6...1,25	1,6...2,5
погрузчик	—	0,6	0,8	1...1,5	1,6...2,8	2,5
грейфер	0,5	0,35	0,65	0,65	—	—
Тип ходового устройства	Гусеничный	Колесный			Гусеничный	
Мощность двигателя, кВт	55	55	55	81	125	222
Масса, т	11,5	12,7	18,5	20	36	56
Давление на грунт, кПа	34	—	—	65	85	100
Продолжительность цикла, с:						
прямая лопата	—	—	16	16	20	22
обратная лопата	15	16	16	20	24	29

ном, промышленном, дорожном, гидротехническом и других видах строительства (см. табл. 1.9).

Помимо указанных в табл. 1.10 выпускаются заводами Минстройдормаша также полноповоротные гидравлические экскаваторы ЭО-3122 и ЭО-3221 на гусеничном ходу тракторного типа. Вместимость ковшей у них изменяется от 0,4 до 0,65 м^3, наибольший радиус копания от 8 до 12 м, масса от 14,1 до 14,5 т.

Изготовляются также навесные неполноповоротные экскаваторы ЭО-2621А и ЭО-2621В-2 на базе пневмоколесного трактора, снабженные экскавационным и бульдозерным оборудованием.

Так, экскаватор ЭО-2621В-2 имеет вместимость ковша 0,28 м^3, наибольшую глубину копания 4,15 м, наибольший радиус копания 5,3 м; наибольшую высоту выгрузки 3,2 м; продолжительность рабочего цикла 16,5 с, массу 6,1 т.

Система индексации одноковшовых универсальных экскаваторов (ЭО) предусматривает структуру индекса машины, показанную на рис. 1.2. Четыре цифры индекса обозначают (по порядку их расположения): первая — размерную группу, вторая — тип ходового устройства, третья — исполнение рабочего оборудования и четвертая — порядковый номер данной модели. Буквы (А, Б, В, ...) обозначают очередную модернизацию данной машины, а также ее специальное климатическое исполнение (ХЛ, Т, ТВ). Например, индексы ЭО-3322А обозначают экскаватор одноковшовый универсальный, третьей размерной группы, на пневмоколесном ходовом устройстве с жесткой (шарнирно-рычажной) подвеской рабочего оборудования, второй модели, прошедший первую модернизацию. В настоящее время наиболее распространенными в строительстве являются экскаваторы 2—4-й размерных групп (табл. 1.11), при этом наряду с гидравлическими экскаваторами еще применяют экскаваторы с механическим приводом (механические экскаваторы).

В строительстве получили наибольшее распространение универсальные полноповоротные гидравлические экскаваторы.

Гидравлический привод позволяет создать рациональную компоновку узлов и агрегатов, проще обес-

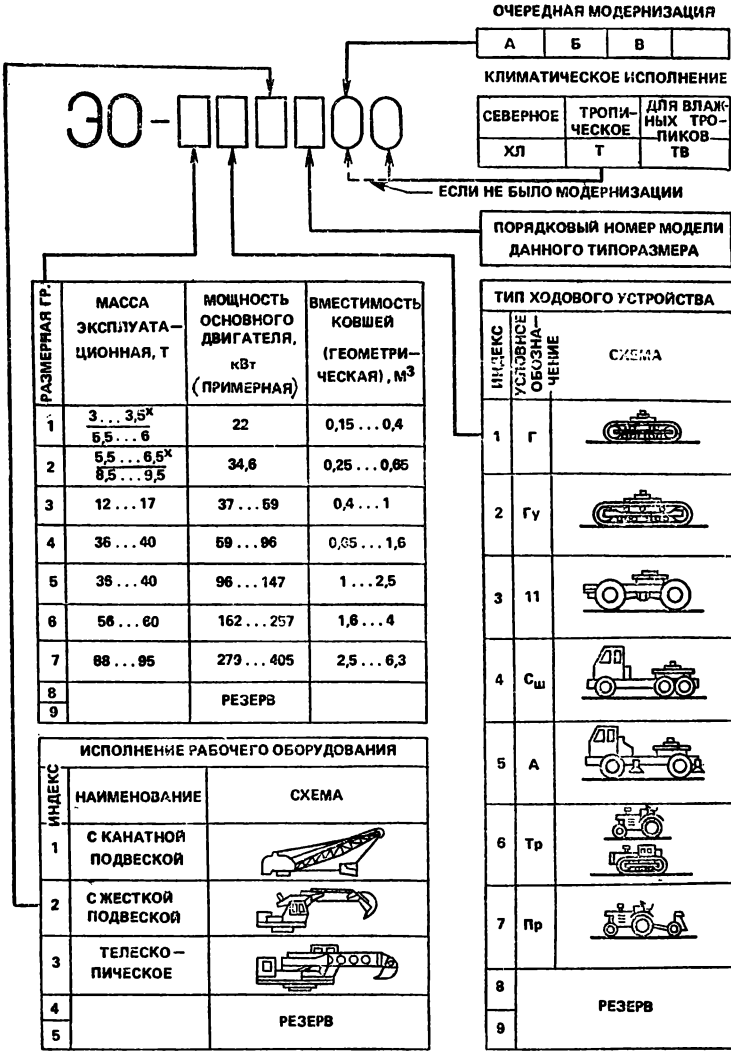


Рис. 1.2. Структура индекса одноковшовых экскаваторов

печить любой вид движения (поступательное, вращательное, колебательное) и плавное регулирование рабочих скоростей.

Экскаваторы с гидравлическим приводом имеют

1.11. Область применения сменного рабочего оборудования в рабочих органах гидравлических экскаваторов

Сменное оборудование	Размерная группа машин				
	2	3	4	5	6
Оборудование обратной лопаты	+	+	+	+	+
Удлиненная рукоять обратной лопаты		+	+	+	
Ковш обратной лопаты общего назначения:	+	+	+	+	+
облегченный		+	+	+	+
усиленный		+	+	+	
Зачистной ковш для мелиоративных работ	+	+	+		
Профильный ковш	+	+	+		
Ковш для дренажных траншей	+	+	+		
Планировочный отвал		+			
Однозубый рыхлитель	+	+	+	+	
Крюковая подвеска	+	+	+		
Универсальная лопата:					
прямого копания	+			+	
обратного »	+	+	+	+	+
Оборудование прямой лопаты	+	+	+	+	+
Ковш прямой лопаты общего назначения:					
облегченный			+	+	
усиленный			+	+	+
Раскрывающийся ковш			+	+	+
Погрузочный ковш	+	+	+		+
Погрузочное оборудование		+	+	+	
Ковш погрузочный:					
для тяжелых грунтов			+	+	
» легких »	+		+	+	
Оборудование грейфера	+	+	+	+	
Ковш грейфера:					
двухчелюстной	+	+	+	+	
многочелюстной		+	+		
Удлиненные вставки грейфера		+	+	+	
Гидромолот	+	+	+	+	
Оборудование для уплотнения грунта	+	+			
Захватно-клещевой рабочий орган с рыхлителем:					
однозубым	+	+	+	+	
многозубым			+	+	
Оборудование:					
драглайна			+	+	
для буровых работ	+	+	+	+	
для зачистных и планировочных работ		+			
грейфера для глубокого копания			+	+	
со смещаемой осью копания	+				

Продолжение табл. 1.11

Сменное оборудование	Размерная группа машин				
	2	3	4	5	6
Вилы для сельскохозяйственных работ	+				
Копровое оборудование для погружения свай				+	
Составная стрела обратной лопаты		+	+	+	
Бульдозерный отвал	+	+	+		

значительно бо́льшую номенклатуру сменного рабочего оборудования и рабочих органов (табл. 1.11). Это существенно расширяет технические возможности экскаваторов при устройстве земляных сооружений и способствует сокращению ручного труда на зачистных и планировочных работах. Так, например к экскаватору ЭО-3322Б по заказу потребителей может быть поставлено сменное рабочее оборудование и рабочие органы: обратная лопата с ковшами вместимостью 0,4, 0,5 и 0,63 м^3; прямая лопата с ковшом вместимостью 0,5 м^3 и погрузочным ковшом вместимостью 1 м^3; жесткий грейфер с ковшами 0,32 и 0,5 м^3; мелиоративный профильный ковш вместимостью 0,5 м^3; однозубый рыхлитель; крюковая подвеска.

Экскаватор ЭО-4121А имеет аналогичные виды сменного рабочего оборудования, и, кроме того, грейфер поставляется с удлиненной вставкой, что позволяет осуществлять рытье траншей глубиной до 10,4 м при строительстве сооружений способом «стена в грунте». В комплексе земляных работ при строительстве жилых зданий и в промышленном строительстве грейферное оборудование применяют для рытья различных углублений, котлованов сложного профиля и для обратной засыпки пазух котлованов после устройства фундаментов и укладки трубопроводов. Экскаватор также отрывает все углубления и приямки, предусмотренные проектом на участках, разработанных драглайном. Грейфер также используют для погрузки и разгрузки сыпучих грунтов (песка, шлака, щебня, гравия).

Грейфер наиболее часто применяется при разработке мягких и сыпучих грунтов в отвал или на транс-

ориные средства, работает независимо от уровня грунтовых вод, под водой.

Грейферное оборудование бывает как с гибкой, так и с жесткой подвеской ковша (рис. 1.3).

В целях лучшего наполнения грейферного ковша при гибкой подвеске) масса его выбирается соответственно группе разрабатываемого грунта (табл. 1.12.).

1.12. Рекомендуемая масса ковша грейфера, т

Группа грунта	Вместимость ковша, м³			
	0,5	0,75	1	1,5
I и II	0,6...1	0,9...1,45	1,15...1,95	1,6...2,7
III и IV, скальный разрыхленный	1,5	2,2	2,85	4

При использовании грейферного ковша с жесткой подвеской появляется возможность разработки более плотных грунтов, улучшается наполнение ковша и увеличивается точность посадки ковша в грунт и точность выгрузки.

Для проходки траншей способом «стена в грунте» на гидравлическом экскаваторе как базовой машине применяют оборудование гидравлического грейфера на напорной штанге. Такая штанга обеспечивает возможность жесткой фиксации ее на любой глубине копания, создания принудительного усилия внедрения ковша, быстрой корректировки вертикального положения штанги, погрузки вынутого грунта непосредственно в транспортные средства.

Подобное оборудование создано как в СССР, так и за рубежом. Оборудование отечественного производства устанавливается на гидравлическом экскаваторе ЭО-5122 (см. рис. 1.3, *е*) Воронежского производственного объединения «Тяжэкс». Оно предназначено для разработки траншей глубиной 25...30 м; в грунтах I и IV групп с каменистыми включениями.

Основные параметры оборудования: ширина ковша 0,6...1 м; длина захвата 2,5 м; наибольшая глубина траншеи 30 м, радиус копания 3,58 м; высота выгрузки 2,45 м; усилие напора 100 кН.

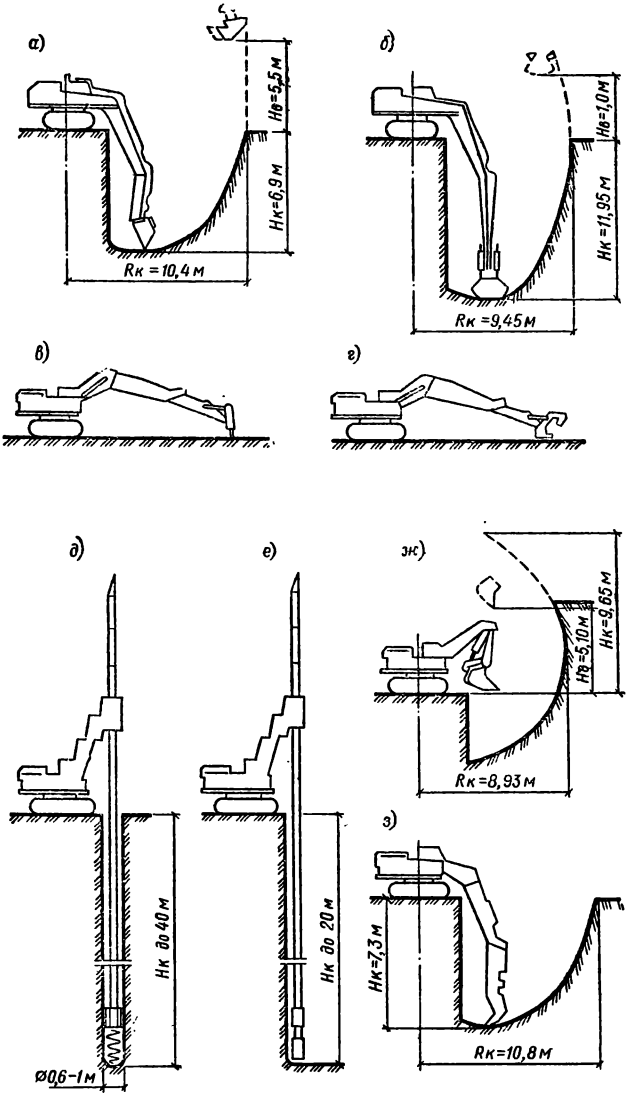


Рис. 1.3. Параметры экскаватора ЭО-5122 с различными видами рабочего оборудования

а — обратная лопата; *б* — грейфер на жесткой штанге; *в* — гидромолот; *г* — захват; *д* — буровая установка; *е* — грейфер на телескопической штанге для устройства «стены в грунте»; *ж* — прямая лопата; *з* — рыхлитель; R — радиус копания; $H_к$ — глубина копания; $H_в$ — высота выгрузки

Оборудование состоит из рычага, опорной рамы, телескопической штанги, механизма перемещения штанги и грейфера. При этом разработку ведут блоками, равными величине раскрытия челюстей грейфера.

Оборудование, установленное на экскаваторе ЭО-5122, позволяет регулировать вертикальность телескопической штанги за счет его наклона в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, что допускает его применение на грунтовых площадках без тщательной их планировки. Эксплуатация оборудования напорного телескопического грейфера на гидравлическом экскаваторе показала высокую его эффективность.

Экскаваторы-планировщики — это одноковшовые гидравлические экскаваторы с телескопическим оборудованием. Они получили довольно широкое распространение вследствие своей большой универсальности, их используют на работах по планировке дна котлована, траншей под фундаменты и узких берм; для планировки откосов насыпей и выемок; обратной засыпки пазух фундаментов в труднодоступных местах и траншей с разравниванием; зачистки недоборов грунта в котлованах и траншеях; разработки траншей, небольших котлованов и выемок в стесненных условиях и для других земляных работ (рис. 1.4). Экскаваторы-планировщики могут быть также использованы на погрузочно-разгрузочных работах, при рыхлении дорожных покрытий или плотных грунтов с применением соответствующего сменного оборудования.

Телескопическое рабочее оборудование экскаваторов-планировщиков имеет не менее четырех движений: наклон стрелы в вертикальной плоскости, выдвижение стрелы, поворот ковша или всей стрелы относительно ее продольной оси и поворот ковша в вертикальной плоскости. По своим технологическим возможностям экскаваторы-планировщики существенно снижают долю ручного труда при производстве земляных работ.

В целях выполнения планировочных и зачистных работ создан экскаватор-планировщик ЭО-3332А с телескопическим рабочим оборудованием. Его весь-

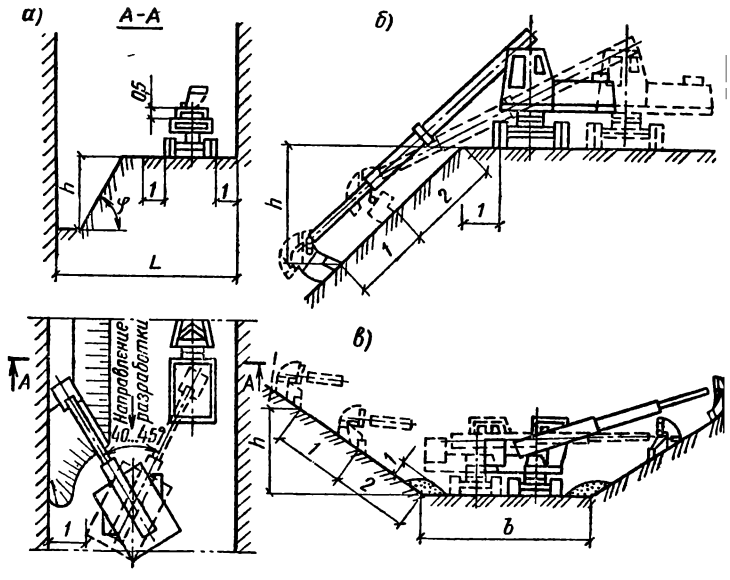


Рис. 1.4. Схемы работы экскаваторов-планировщиков

а — разработка траншей в стесненных условиях; *б* — планировка откосов, выемок и насыпей с верхней стоянки; *в* — планировка откосов, выемок и насыпей с нижней стоянки

ма эффективно используют при работе в стесненных условиях и на погрузочно-разгрузочных работах.

На базе экскаватора ЭО-3322Б создан экскаватор ЭО-3322В с полуавтоматической системой управления. Эта машина может копать траншею с одновременной планировкой дна под укладку трубопроводов и бетонных блоков, а также планировать горизонтальные и наклонные плоскости с углами ±60° с высокой степенью точности (высота неровностей ±2 см).

Отличительной особенностью **экскаваторов-драглайнов** является наличие легкой стрелы решетчатой конструкции с гибкой канатной подвеской ковша. Копание грунта ковшом драглайна и его наполнение грунтом осуществляются подтягиванием ковша к экскаватору («на себя») при расположении самой машины на верху выемки. По сравнению с экскаваторами, оборудованными прямой и обратной лопатой, драглайны имеют большой радиус копания и большую высо-

ту разгрузки, что позволяет разрабатывать большие по сечению траншеи и котлованы.

Драглайны используют в промышленном, водохозяйственном, транспортном и других видах строительства, преимущественно при устройстве выемок, насыпей, отрывке котлованов, расчистке русел рек, разработке каналов. Они широко применяются с выгрузкой грунта в отвал или реже на транспортные средства. Драглайны применяют также для отделочных земляных работ при планировке площадей и зачистке откосов.

В последние годы отечественной промышленностью начат выпуск новых гидравлических экскаваторов второго поколения на гусеничном и пневмоколесном ходу с ковшами вместимостью 0,25...2,5 м³. Отличительной особенностью этих машин является широкое применение энергосберегающих систем, позволяющих экономить в процессе работы до 20 % топлива. Причем все модели гидравлических экскаваторов оснащаются различными видами сменного рабочего оборудования и рабочих органов, включающих в себя эксплуатационные, погрузочные, зачистные, планировочные и профильные ковши, грейферы, гидромолоты, рыхлители, захватно-клещевое оборудование обратной лопаты, драглайн, оборудование для глубокого копания.

В настоящее время с гидравлическим приводом выпускается более 80 % одноковшовых экскаваторов, создаются и осваиваются землеройные машины с автоматизированными системами управления рабочими органами, с применением микропроцессорной техники, микроэлектроники, бесконтактных преобразователей и датчиков. Так, до 50 % выпускаемых в 1990 г. экскаваторов будет оснащено электронными средствами управления, в том числе микропроцессорами.

При этом структура экскаваторного парка будет совершенствоваться как путем увеличения производства машин с большой вместимостью ковша (средняя вместимость ковша достигнет 0,875 м³), так и освоения производства малогабаритных экскаваторов с ковшами вместимостью 0,1...0,15 м³.

Воронежское ПО «Тяжэкс» намечает выпуск трех наиболее мощных гидравлических экскаваторов на гусеничном ходу тракторного типа — ЭО-6123, ЭО-

5124 и ЭО-4125 с ковшами вместимостью 2,5; 1,6 и 1 м³. В конструкции этих экскаваторов реализованы последние достижения отечественной науки и техники с учетом тенденций развития мирового экскаваторостроения. Благодаря новым решениям, направленным на устранение или сокращение внутренних потерь энергии, т. е. на повышение КПД системы привода и экскаваторов в целом, производительность этих машин по сравнению с существующими гидравлическими экскаваторами увеличена на 35 %, снижена удельная материалоемкость, повышены надежность и долговечность, а расход дизельного топлива сокращен на 17...20 %.

Гидравлические экскаваторы многоцелевого назначения. Ведущие зарубежные экскаваторостроительные фирмы Франции, США, Италии, Англии, Японии, Финляндии оснащают гидравлические экскаваторы 5...10 видами сменного рабочего оборудования с 20...40 сменными рабочими органами, такими, как прямая и обратная лопаты, грейферы, крюковые подвески, рыхлители, гидромолоты, гидробуры, ковши с рыхлителями, оборудование для взламывания дорожных покрытий, захваты для погрузки пакетированных грузов, труб и бревен, многочисленные захваты и др.

Оборудование гусеничных экскаваторов массой 15...18 т включает кроме восьми ковшей обратной лопаты вместимостью 0,2...0,8 м³ и шириной 530...1150 мм, предназначенных для разработки мягких, полускальных и скальных грунтов, прямую лопату-погрузчик, грейфер, зуб-рыхлитель для разрушения мерзлых и скальных грунтов и крюк грузоподъемностью 10 кН.

Отечественное экскаваторостроение также характеризуется тенденцией увеличения сменных рабочих органов до 30...32 единиц для гидравлических экскаваторов 3...4-й размерных групп и до 23...26 — для 5...6-й размерных групп.

По сложности конструкций и количеству выполняемых операций многоцелевые землеройные машины подразделяют на две группы. Первую составляют многоцелевые землеройные машины первого уровня сложности, выполняющие ограниченный объем операций и имеющие манипулярное оборудование адаптируемого типа, когда один рабочий орган без замены

выполняет ряд операций. Вторая включает машины второго уровня сложности: манипуляторы и роботизированные машины, легко приспосабливающиеся к выполнению технологической операции, оснащенные устройствами для быстрого захвата любого технологического инструмента. Это машины трансформируемо-совмещенных типов. Трансформируемое рабочее оборудование позволяет выполнять широкую номенклатуру видов работ, но не требует значительного количества рабочих органов и надежного устройства для их быстрой замены.

Рабочее оборудование гидравлических экскаваторов бывает специализированное — для выполнения одной типовой операции; с совмещенным оборудованием, когда на платформе устанавливают два или более рабочих органов; трансформируемое — с автоматическим захватом или комплектом сменных рабочих органов; адаптируемое — оснащенное многоцелевым рабочим органом, которым без его замены можно выполнять ряд технологических операций и осуществлять захват и манипулирование другими рабочими органами [3].

В настоящее время используют несколько конструктивных решений для быстрой замены рабочих органов. Устройство фирмы «Катерпиллер» (США) (рис. 1.5, *а*) состоит из шарнирно соединенной с рукоятью рамки, которая вводится между параллельными щеками, смонтированными на задней стенке ковша, кольцевыми выступами в зевообразные вырезы до совмещения пазов. Щеки и рамка фиксируются поперечной пластиной, вставляемой в совмещенные пазы.

В ВНИИстройдормаше разработано быстросъемное устройство, особенностью которого является возможность монтажа (демонтажа) обычного ковша автоматически в течение 1 мин. Устройство (рис. 1.5, *б*) шарнирно укреплено на оси и сочленено с шестизвенным механизмом поворота. На этой оси шарнирно закреплена рукоять. Захватное устройство состоит из жесткой коробчатой рамы, имеющей в боковых стенках захват, пружинно-гидравлический замок, запирающую пластину и тарельчатую пружину, упирающуюся в плунжер. В верхней части задней стенки ковша размещена балка круглого сечения с направляющи-

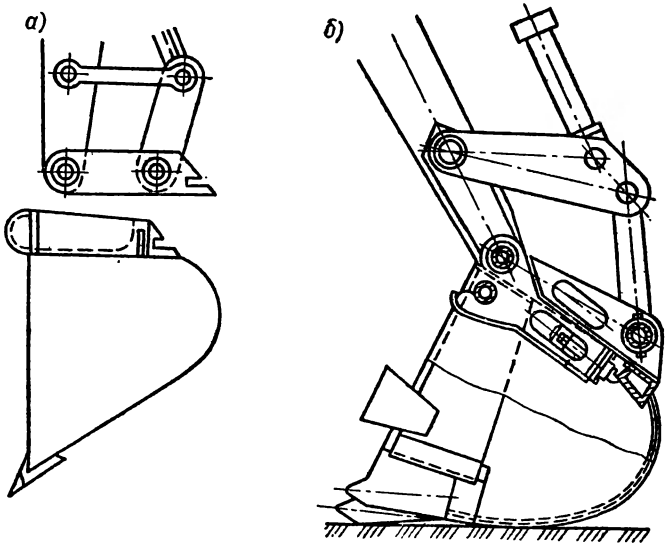


Рис. 1.5. Рабочие органы экскаваторов многоцелевого назначения
а — устройство для быстрой замены рабочих органов (патент США); *б* — быстросъемное устройство конструкции ВНИИстройдормаша

ми планками и задняя перекладина со скосами. Рукоять с ковшом соединяются при действии механизма поворота ковша.

В настоящее время разработаны рабочие органы, позволяющие существенно расширить область эффективного применения экскаватора. Так, например, поворотный экскаваторный ковш (рис. 1.6, *а*) позволяет хорошо приспособиться к выемке грунта с различными физико-механическими свойствами. В начале копания грунта или набора материала вместимость ковша соответствует паспортной. В завершение цикла копания перед подъемом ковша поворотная часть поворачивается по стрелке относительно корпуса. При этом происходит забор призмы волочения или разрыхленного грунта, что увеличивает наполняемость ковша при работе на грунтах различной плотности без переоборудования ковшом большей или меньшей вместимости [3].

Для эффективной разработки мерзлого грунта внутри ковша может быть установлен рыхлитель с

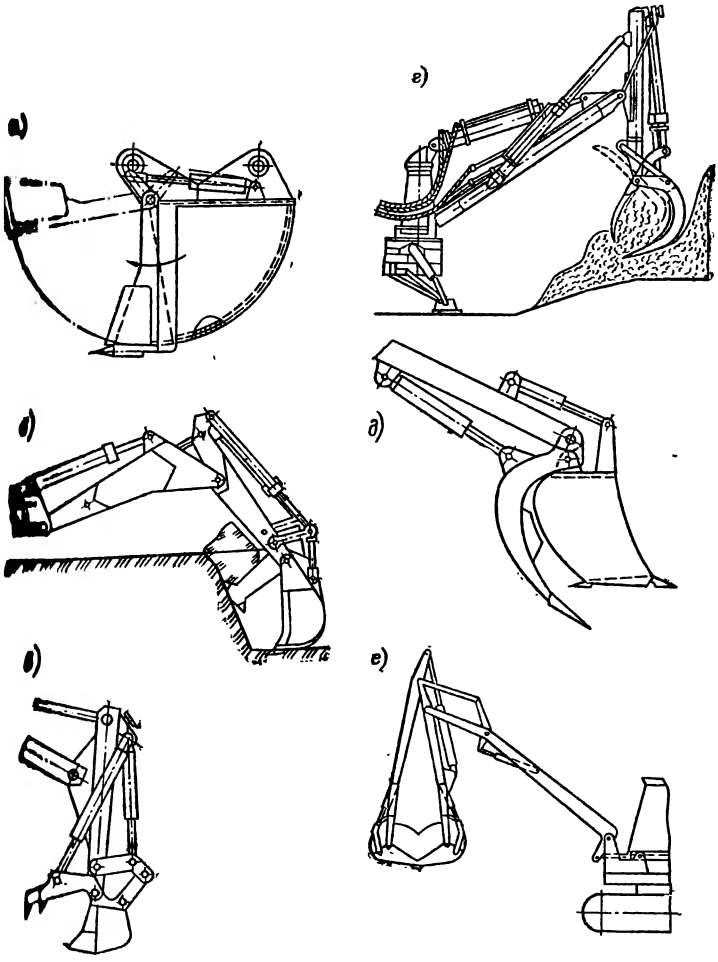


Рис. 1.6. Сменные рабочие органы экскаваторов многоцелевого назначения

а — поворотный экскаваторный ковш; *б* — с дополнительным рыхлителем с двусторонними зубьями; *в* — с дополнительным рыхлителем-трезубцем; *г* — челюстной захват; *д* — ковш с рыхлительными зубьями; *е* — ковш специальной конструкции

двусторонними зубьями с возможностью поворота его посредством гидроцилиндра (рис. 1.6, *б*). Гидроцилиндр поворота рыхлителя смонтирован на рукояти, на которой также закреплен силовой гидроцилиндр

поворота ковша. В начале разработки грунта ковш поднимают в верхнее положение, рыхлителем нарезают борозды, а затем грунтовой массив разрушают ковшом.

Применение ковша с дополнительным рыхлителем-трезубцем (рис. 1.6, *в*) способствует разработке прочного грунта путем совмещения операций разрушения массива, захвата и перемещения кусков. Рыхлитель-трезубец, как и основной ковш, приводится в движение силовым гидроцилиндром. Особенностью этого оборудования является его приспособляемость к разработке монолитных массивов, таких, как асфальтобетонные покрытия и кирпичная кладка, а также к отрыву тротуарных плиток и бордюрного камня.

Для выполнения погрузочно-разгрузочных операций с плотными волокнистыми массивами, металлоломом и подобными материалами рабочее оборудование экскаватора может включать челюстной захват, управляемый гидроцилиндром (рис. 1.6, *г*).

Эксплуатационные возможности рабочего оборудования могут быть расширены за счет универсализации шарнирным соединением днища ковша с рукоятью и оснащения рыхлительными зубьями. Такое оборудование (рис. 1.6, *д*) включает ковш, состоящий из стенок с регулируемыми кромками. На задней стенке с наружной стороны с помощью шарнира установлено отвальное днище с режущей кромкой и внутренними продольными ребрами для взаимодействия с торцевыми сторонами боковых стенок. Это оборудование может быть использовано в качестве прямой и обратной лопат с двухножевой системой копания, рыхлителя, грейфера, погрузочно-разгрузочного органа для мелких штучных грузов.

Представляет интерес конструкция рабочего оборудования экскаватора, включающего стрелу, рукоять с шарнирно смонтированными ковшами и силовыми исполнительными гидроцилиндрами (рис. 1.6, *е*). Его используют как прямую и обратную лопаты, в режиме грейфера, а также на погрузочно-разгрузочных работах.

Имеется также много других конструкций рабочего оборудования экскаваторов многоцелевого назначения как для работы в обычных, так и стесненных условиях [3].

Одноковшовые погрузчики представляют собой самоходные и маневренные погрузочно-транспортные машины цикличного действия, включающие базовую машину (трактор или специальное шасси) и навесное рабочее оборудование.

В строительстве применяют одноковшовые погрузчики, различаемые по следующим признакам:

назначению — строительные и карьерные грузоподъемностью соответственно до 10 т и свыше 10 т;

грузоподъемности — малой (до 4 т); средней (4...10 т); большой (10...40 т);

способу разгрузки ковша — с передней (фронтальные); боковой (вперед и в одну или обе стороны); задний («через себя»);

виду ходового механизма — с колесным ходом и шарнирно сочлененный или жесткой рамой; с гусеничным ходом;

способу наполнения ковша — с напорным движением ходового механизма; с помощью гидроцилиндров при застопоренном ходовом механизме; совместно напорным усилием ходового механизма и гидравлической системой поворота ковша и подъема стрелы;

типу поворота стрелы при разгрузке — неповоротные; полуповоротные (на 90°); полноповоротные (на 360°);

типу базовой машины — тягачи и тракторы общего и сельскохозяйственного назначения: промышленные модификации тракторов и тягачей общего назначения; специализированные колесные шасси и тракторы;

типу привода навесного оборудования — с гидравлическим; механическим (канатно-блочным); электромеханическим (электрогидравлическим);

мощности двигателя — малой мощности (до 75 кВт); средней мощности (75...150 кВт); мощные (150...500 кВт); сверхмощные;

типу трансмиссии — с гидравлической; дизель-электрической;

способу поворота — с поворотом шарнирно сочлененных рам и управляемых колес; с поворотом передних и задних колес; с бортовым поворотом.

Особенно большое распространение в строительстве получили одноковшовые фронтальные погрузчики на пневмоколесном ходу (табл. 1.13), которые харак-

теризуются высокими эксплуатационными показателями: они мобильные и универсальные, маневренные, высокопроизводительные, просты в управлении и обслуживании и т. д.

В настоящее время выпускаются фронтальные погрузчики на пневмоколесном ходу (табл. 1.13) в основном малой мощности: ТО-30, ТО-18А, ТО-28, ТО-25А грузоподъемностью 2...4 т, с ковшами вместимостью 1,1...2 м^3. Прошли испытание опытные образцы погрузчика ТО-21-1А грузоподъемностью 15 т (вместимость ковша 7,5 м^3).

Погрузчики на гусеничном ходу, в отличие от пневмоколесных, более проходимые и устойчивые, развивают большое выглубляющее усилие, поэтому такие погрузчики наиболее целесообразно использовать в тяжелых грунтовых условиях, в частности, при разработке мерзлых полускальных и скальных грунтов с предварительным их рыхлением взрывом или механическим способом.

Полуповоротные погрузчики рассчитаны на работу с поворотом рабочего оборудования на 90...180°. Их оснащают различными сменными рабочими органами, в том числе обратной лопатой.

Рабочие органы одноковшовых погрузчиков (рис. 1.7) подразделяют на группы для выполнения работ: земляных; погрузочно-разгрузочных с сыпучими строительными материалами, штучными и длинномерными грузами; монтажных, связанных с разрушением мерзлых и прочных грунтов, дорожных покрытий и т. д.; вспомогательных; специальных.

Основным рабочим органом фронтального погрузчика является ковш, устанавливаемый в его передней части. Ковши для разработки плотных грунтов (плотность в целике 1,6...1,7 т/м^3) оснащают прямым и *V*-образным ножом. На них закрепляют сменные элементы — резцы, а также зубья, которые монтируют на ковш заподлицо с днищем.

Все более широкое применение в строительстве находят малогабаритные универсальные погрузчики зарубежного и отечественного производства (табл. 1.14). Они хорошо приспособлены для работы в стесненных условиях, в особенности при реконструкции предприятий.

Конструктивное решение малогабаритных погруз-

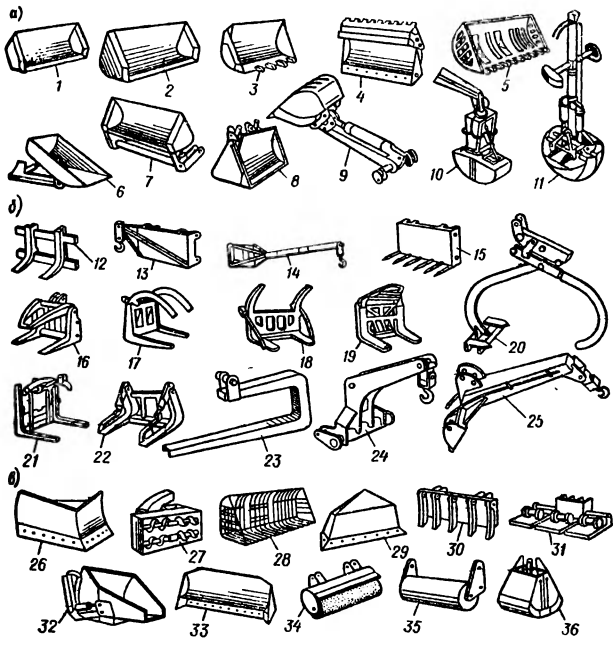


Рис. 1.7. Сменные рабочие органы одноковшовых погрузчиков

а — ковшовые; *б* — грузоподъемные и монтажные; *в* — специальные и вспомогательные; *1* — основной ковш; *2* — увеличенный ковш; *3* — уменьшенный ковш; *4* — двухчелюстной ковш; *5* — скелетный ковш; *6* — ковш с боковой разгрузкой; *7* — ковш с верхней разгрузкой; *8* — ковш с принудительной разгрузкой; *9* — ковш типа «обратная лопата»; *10* — грузовой грейфер; *11* — круглый грейфер; *12* — грузовые вилы; *13, 14* — крановые облочные стрелы; *15* — вилы; *16* — универсальный челюстной захват для лесоматериалов; *17* — челюстной захват для бревен; *18* — челюстной захват с выталкивателем; *19* — челюстной захват для пиломатериалов; *20* — челюстной захват к полуповоротному погрузчику для бревен; *21* — челюстной захват с раздвижными вилами; *22* — захват с шарнирно сочлененными прижимами; *23* — подвеска для прокладки трубопроводов; *24, 25* — монтажные стрелы; *26* — плужный снегоочиститель; *27* — шнекоротор-ный снегоочиститель; *28* — снегопогрузочный ковш; *29* — кусторез; *30* — бульдозер-собиратель; *31* — виброуплотнитель; *32* — ковш-дозатор; *33* — бульдозерный отвал; *34* — щетка; *35* — уплотнительный каток; *36* — челюстной грейфер

ников отличается от погрузчиков с жесткой и шарнирно сочлененной рамой. Бортовой поворот погрузчика осуществляется за счет возможности управления всеми четырьмя колесами. Причем колеса могут вращаться в разных направлениях для поворота на месте около центра тяжести, одну сторону колес можно заблокировать для поворота погрузчика около середины базы на колее колес.

1.13. Технические характеристики одноковшовых погрузчиков на пневмоколесном ходу

Показатель	ТО-30	ТО-18А	ТО-28	ТО-25А	ТО-21-1А	УН-053 (ЧССР)	L - 34 (ПНР)
Тип базового шасси	Специальное пневмоколесное с шарнирно сочлененной рамой			Трактор Т-150	Спецшасси		
Мощность двигателя, кВт	55	99	99	122	400	43,5	165
Грузоподъемность, т	2,2	3,3	4	3,3	15	1,2	7
Вместимость основного ковша, м^2	1,1	1,65	2	1,5	7,5	0,5—1,5	3,4
Наибольшая высота разгрузки, м	2,7	2,75	3,07	2,7	4,5	2,5	3,1
Наибольшая скорость движения, км/ч	35,0	44,3	37,2	—	—	—	—
Габариты, м	6,23×2,4×3,29	7,23×2,55×3,335	7,46×2,65×3,335	7×2,6×3,35	10,9×4,4×4,7	6,4×2,3×2,9	7,7×2,3×3,1
Масса эксплуатационная, т	7,5	11,23	12,95	10	70	7	18,6

1.14. Технические характеристики малогабаритных погрузчиков

Показатель	ТО-31 (СССР)	ПМТС-0,6 (СССР, ФРГ)	УНЦ-060 (ЧССР)	МЗЖ-40 (ГДР)	Кларк М-825 (США)	Ланц (ФРГ)	KNO-301 (ПНР)
Вместимость основного ковша, м³	0,3	0,24	0,25...0,63	0,35	0,35	0,42	0,5
Ширина ковша, м	1,5	1,59	1,7...1,85	1,68	1,54	1,59	1,8
Высота разгрузки ковша, м	2,2	2,45	2,25	2,2	2,35	2,45	2,2
Вылет кромки ковша, м	—	0,75	0,7	0,57	0,78	0,75	0,71
Мощность двигателя, кВт	22	25	27	29	38,3	25	23
Скорость движения, км/ч	10,65	12,6	12	10	9,5	13	20
База колес, м	0,89	0,9	1	0,96	0,96	0,92	1
Колея, м	1,2	1,25	1,35	1,39	1,36	1,32	1,33
Минимальный радиус поворота	1,9	2,05	1,82	1,76	1,93	1,95	2,35
Габариты, м:							
длина	3,3	3,1	3	3,08	3,18	3	3,8
ширина	1,5	1,6	1,6	1,68	1,53	1,6	1,65
Масса, т	2,46	8,36	2,5	2,8	2,36	1,15	3,9

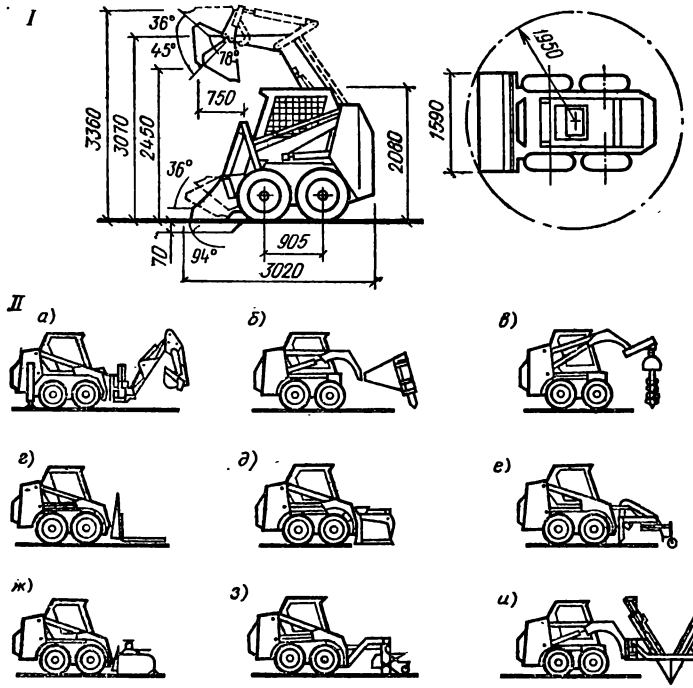


Рис. 1.8. Общий вид малогабаритного погрузчика с бортовым поворотом (I) и комплект сменного рабочего оборудования (II)

а — экскавационное; *б* — гидромолот; *в* — бур; *г* — вилы; *д* — вилочный захват; *е* — планировочный отвал; *ж* — скреперный ковш; *з* — подметально-уборочное; *и* — оборудование для пересадки деревьев

Лонжероны стрелы, расположенные по обе стороны сиденья водителя, шарнирно крепятся к специальной стойке, устанавливаемой в задней части погрузчика (рис. 1.8). Рукоять стрелы обычно заканчивается универсальной рамой. Путем несложных операций за короткое время (до 0,5 ч) на ней монтируют навесное сменное оборудование. Например, у погрузчика УНЦ-060 (завод «Детва», ЧССР) есть несколько видов такого оборудования: ковш вместимостью 0,63 м^3 для сельскохозяйственных работ и погрузки материалов плотностью $\gamma \leqslant 1$ т/м^3; основной ковш вместимостью 0,25 м^3 для погрузки материалов $\gamma \leqslant 1{,}6$ т/м^3; оборудование экскаватора с обратной лопатой вместимостью 0,5 м^3 для работы с материалами $\gamma \leqslant 1$ т/м^3

Таблица 1.15. Технические характеристики скреперов

Показатель	Прицепные		Полуприцепной ДЗ-87-1	Самоходные			
	ДЗ-111	ДЗ-20, ДЗ-20А		ДЗ-11П	ДЗ-155	ДЗ-13, ДЗ-13А	ДЗ-107
Вместимость ковша, м³	4,5	7	4,5	8	15*	15**	25
Тягач	Т-АП2	Т-130.1.Г-1	Т-150К	МоАЗ-546П	БелАЗ-531	БелАЗ-531	—
Мощность двигателя тягача, кВт	96	118	121	116	265 (530— два двигателя)	265	810 (два двигателя)
Ширина захвата ковша, м	2,43	2,65	2,43	2,82	3	2,82	3,9
Глубина резания, м	0,13	0,3	0,13	0,3	0,35	0,35	0,4
Толщина отсыпаемого слоя, м	0,4	0,15...0,5	0,4	0,475	0,15...0,5	0,15···0,5	0,4...0,6
Габариты, м	7,4×2,95×2,2	8,8×3,1×2,56	10,7×2,92×2,84	11×3,242×3,25	13,9×3,6×3,8	12,8×3,4×3,6	17,1×4,43×4,3
Масса, т	4,4	7	12,3	20	44,3	34,8	71,1

* С элеваторной загрузкой и принудительной разгрузкой.
** С принудительной разгрузкой.

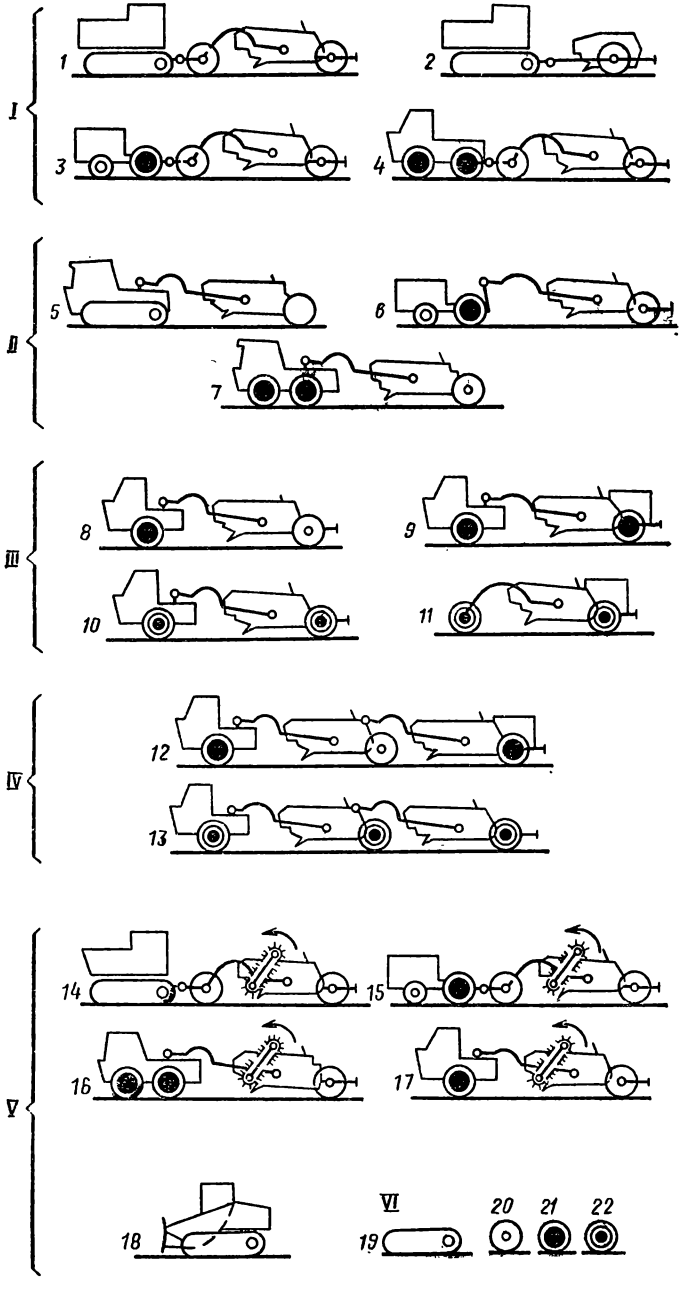

I
1
2
3
4
II
5
6
7
III
8
9
10
11
IV
12
13
V
14
15
16
17
18
VI
19
20
21
22

Рис. 1.9. Компоновочные схемы скреперов

I — прицепные: *1* — двухосный с гусеничным трактором; *2* — одноосный с гусеничным трактором; *3* — двухосный с колесным трактором; *4* — двухосный с двухосным тягачом; *II* — полуприцепные: *5* — с гусеничным трактором; *6* — с колесным трактором; *7* — с двухосным тягачом; *III* — самоходные: *8* — с одноосным тягачом; *9* — двухдвигательный с одноосным тягачом; *10* — дизель-электрический четырехколесный; *11* — то же, трехколесный; *IV* — двухковшовых скреперных поездов-сцепов: *12* — двухдвигательный; *13* — дизель-электрический; *V* — с принудительной (элеваторной загрузкой): *14* — прицепной двухосный с гусеничным трактором; *15* — то же, с колесным трактором; *16* — прицепной одноосный с двухосным тягачом; *17* — самоходный с одноосным тягачом; *18* — скрепер-бульдозер самоходный гусеничный; *VI* — условные обозначения: *19* — ведущая гусеница; *20* — ведомое колесо; *21* — ведущее колесо; *22* — мотор-колесо

и вместимостью 0,3 м³ для материалов $\gamma \leqslant 2$ т/м³; рыхлитель с максимальной глубиной 20 см; грейферный ковш с максимальной высотой разгрузки 1,58 м; дренажная лопата шириной 220 и 300 мм для устройства узких траншей; грузовые вилы для штучных грузов шириной 1580 мм; клещевой захват шириной 1600 мм.

Малогабаритные погрузчики с 1986 г. выпускаются Ленинградским заводом НПО «Ленстройробот» (погрузчик ТО-31) и Дарницким заводом по ремонту дорожной техники Минтрансстроя (Киев) по кооперации с фирмой «Ланц» (погрузчик ПМТС-0,6). Погрузчик оснащен ковшом и имеет сменные рабочие органы: гидромолот, буровое оборудование, щетку, бульдозерный отвал-снегоочиститель.

Скреперы представляют собой землеройно-транспортные машины, предназначенные для послойной разработки пород, перемещения ее в отвал и отсыпки слоями заданной толщины, при этом скреперы частично уплотняют отсыпной грунт. Грунты I и II групп разрабатывают без предварительного рыхления, в отдельных случаях (при мощных скреперах и бульдозерах-толкачах) — также грунты III и IV групп. Наиболее часто грунты III и IV групп (иногда V и VI групп) разрабатывают после предварительного рыхления.

По способу загрузки скреперы разделяются на два типа: загружаемые за счет подпора породы при реализации тягового усилия и заполняемые с помощью специального загрузочного устройства (с принудительной элеваторной загрузкой).

По способу передачи тягового усилия все скреперы можно разделить на прицепные, полуприцепные и самоходные (рис. 1.9, табл. 1.15).

К прицепным относятся одно- и двухосные, буксируемые гусеничными тракторами, колесные скреперы, у которых вся нагрузка, в том числе масса грунта в ковше, передается на опорную поверхность через колеса скрепера. Одноосные прицепные скреперы отличаются большой маневренностью, но менее грузоподъемны.

Самоходные скреперы представляют собой единую землеройно-транспортную машину с собственной силовой установкой, обеспечивающей передвижение и управление рабочими органами. В настоящее время выпускаются двухосные самоходные скреперы. Они выпускаются в однодвигательном (с приводом передней оси) и двухдвигательном исполнении (с приводом передней и задней оси).

Двухосные однодвигательные скреперы с загрузкой тяговым усилием и одной ведущей осью являются наиболее распространенной моделью за счет простоты конструкции и меньшей стоимости по сравнению с другими типами скреперов. Особенностью эксплуатации таких скреперов является необходимость использования толкача при загрузке. Экономичность разработки грунтов самоходными скреперами с одной ведущей осью с трактором-толкачом подтверждена отечественной и зарубежной практикой работы таких машин.

Самоходные двухосные, двухдвигательные скреперы с загрузкой тяговым усилием предназначены в основном для работы в тяжелых дорожно-транспортных условиях, характеризующихся крутыми затяжными подъемами. Вместимость ковша двухдвигательного скрепера и грузоподъемность остаются такими же, как у однодвигательной модели этой же серии, но затраты на приобретение и эксплуатацию на 27...33 % выше. Однако эффективность использования таких скреперов увеличивается за счет повышенной проходимости машины, позволяющей работать большее количество дней в году (в период распутицы), и увеличения в 1,3...1,6 раза фактической скорости движения. Это обеспечивает прирост производительности более чем на 25...30 % по сравнению с однодвигательными скреперами и окупает первоначальные затраты.

По приводу ходовой части самоходные скреперы

могут быть дизельные и дизель-электрические. У дизель-электрических машин привод осуществляется редуктором в ступицы колес. Такие скреперы могут образовывать скреперные поезда.

Заполнение ковшей двухдвигательных скреперов производится также с помощью толкачей, за исключением легких грунтов (I—II групп). У скреперов со свободным заполнением ковша отделение грунта от массива и поступление его в ковш происходит за счет тягового усилия и в результате продвижения стружки вновь грунт, уже накопившийся в ковше. У скреперов с принудительной загрузкой отделение от массива грунтовой стружки осуществляется также за счет тягового усилия, но подача грунта в ковш производится элеватором.

По способу управления скреперы различают с гидравлическим, канатным и электромеханическим управлением.

По вместимости ковша они бывают малой (до 5 м³), средней (5...15 м³) и большой вместимости (более 15 м³).

Дальнейшее совершенствование скреперов будет происходить в направлениях увеличения единичной мощности машин (дизеля до 700...900 кВт), автоматизации управления, расширения применения гидропривода, увеличения выпуска машин в северном исполнении.

Бульдозеры — землеройно-транспортные машины, состоящие из трактора, оборудованного управляемым отвалом с ножом для послойной срезки, перемещения и разравнивания грунта. Бульдозерами возводятся насыпи, планируются площадки и откосы, отрываются и засыпаются траншеи, котлованы, каналы, штабелируются и распределяются по поверхности различные сыпучие материалы. Бульдозеры применяют также для корчевки пней и валки деревьев, расчистки дорог, площадок и т. п.

По способу крепления отвала бульдозеры делятся на неповоротные и поворотные, а по типу ходового оборудования — на колесные и гусеничные. По типу механизмов управления отвалом различают бульдозеры с гидравлическим и канатным управлением.

По номинальному тяговому усилию бульдозеры делятся на легкие (25...135 кН), средние (135...200 кН),

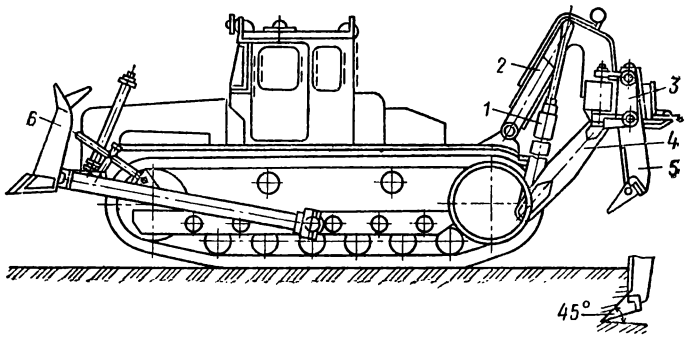


Рис. 1.10. Навесной рыхлитель ДП-9С на базе трактора ДЭТ-250М
1 — гидроцилиндр; *2* — верхняя рама; *3* — рабочая балка; *4* — нижняя рама; *5* — зуб рыхлителя; *6* — отвал

тяжелые (200...300 кН) и сверхтяжелые (свыше 300 кН).

На базе бульдозеров часто применяют рыхлители, имеющие навесные или прицепные рабочие органы в виде рамы с одним или несколькими зубьями, для послойного разрушения грунта и отделения его кусков от массива. Они применяются обычно для грунтов, которые непосредственно не могут эффективно разрабатываться землеройными или землеройно-транспортными машинами. Используются рыхлители в промышленном, гражданском, дорожном и гидротехническом строительстве, в карьерах на добыче сырья для строительных материалов как для рыхления плотных, мерзлых, полускальных и скальных грунтов, так и для удаления из грунта камней и пней, вскрытия дорожных покрытий.

По способу передвижения различают рыхлители прицепные и навесные (рис. 1.10); по ходовому устройству — гусеничные и колесные; по механическому управлению — гидравлические и канатные; по мощности тягача — легкие (до 55 кВт), средние (55...110 кВт), большой мощности (110...250 кВт) и сверхмощные (более 250 кВт). Сверхмощные навесные статические рыхлители наиболее приспособлены для работы в тяжелых условиях (мерзлых, полускальных и скальных грунтах). Промышленность СССР выпускает большое число марок колесных и гусеничных бульдозеров тягового класса 1,4...25.

Бульдозеры на тракторах тягового класса 3 и 4 эффективно могут использоваться на грунтах I и II категорий. Широко используются бульдозеры ДЗ-101 с неповоротным отвалом и ДЗ-104 с поворотным отвалом на базе трактора Т-4АП2 класса 4, выпускаемые Калкаманским заводом дорожных машин. Промышленные серии бульдозеров ДЗ-128 с неповоротным отвалом и гидроперекосом отвала в поперечной плоскости на гусеничном тракторе ДТ-75 тягового класса 3 выпускаются Харьковским ПО «Дормашина».

Бульдозеры и бульдозеры-рыхлители ДЗ-110А, ДЗ-109, ДЗ-116В и ДЗ-117 на базе гусеничного трактора Т-130.1.Г-1 мощностью 118 кВт созданы Челябинским заводом дорожных машин им. Колющенко совместно с ВНИИстройдормашем для разработки тяжелых грунтов.

Бульдозеры-рыхлители Д-116В (табл. 1.16) и ДЗ-117 состоят соответственно из бульдозеров ДЗ-110А и ДЗ-109 и рыхлителя ДП-26С с задней навеской для разработки трещиноватых горных пород и мерзлых грунтов.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-126 (бульдозерное оборудование ДЗ-118 с неповоротным отвалом и рыхлительное оборудование ДП-9С с тремя зубьями) созданы на базе трактора ДТ-250М тягового класса 25 и выпускаются Челябинским заводом дорожных машин им. Колющенко (табл. 1.16). Предназначены для разработки и рыхления мерзлых грунтов с температурой до —15 °С и трещиноватых горных пород при скорости прохождения упругой волны до 1600 м/с.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-94С (бульдозер ДЗ-59ХЛ с прямым отвалом и трехзубый рыхлитель ДП-10С) и ДЗ-129ХЛ (бульдозер ДЗ-124ХЛ с полусферическим отвалом и однозубый рыхлитель ДП-29ХЛ) выпускаются на базе трактора Т-330 тягового класса 25 и предназначены в основном для горно-добывающей промышленности, промышленного, дорожного и гидротехнического строительства. Использование полусферического отвала по сравнению с прямым отвалом позволяет повысить производительность бульдозеров на некоторых видах грунтов до 30 %.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-141ХЛ созданы на базе трактора Т-500 тягового класса 35, с мощностью

1.16. Техническая характеристика бульдозеров-рыхлителей

Показатель	ДЗ-116В	ДЗ-126	ДЗ-94С	ДЗ-129ХЛ	ДЗ-113	ДЗ-141ХЛ
Базовая машина	Т-130МГ-1	ДЭТ-250	Т-330	Т-330	Колесное спецшасси	Т-500
Тяговой класс	10	25	25	25	35	35
Мощность двигателя	117,8	228	243	243	405	368
Бульдозерный отвал	Прямой			Полусферический	Прямой	
Длина отвала, м	3,33	4,31	4,73	4,86	4,98	4,8
Рыхлительное оборудование: число зубьев	1	3	3	1	3	1
глубина рыхления, м	0,45	0,7	0,7	1,4	0,7	1,37
Транспортная скорость передвижения, км/ч	10,5	19	13,8	13,8	50	—
Эксплуатационная масса, т	17,8	40,7	52,3	54,3	63,5	58,45

1.17. Техническая характеристика траншейных экскаваторов

Показатель	ЭТР-134А	ЭТР-204	ЭТР-223	ЭТР-224	ЭТР-253А	ЭТЦ-165А	ЭТЦ-252	ЭТЦ-208В
Глубина копания, м	1,3	2	2,2	2,2	2,5	1,6	2.5; 3.5	2
Ширина копания, м	0,28	1,2/2,04	1,5/2,4	0.75/1.75	2.1(3.2)	0,14...0,4	0,8 (2,8)	0,6
Мощность двигателя базового трактора, кВт	81	117	117	117	220	36	81	117
Рабочая скорость, м/ч	10...640	10...300	10...300	10...300	20...350	20...800	5...150	20...340
Техническая производительность, $м^3$/ч, до:								
при экскавации немерзлых грунтов	145	650	650	500	1200	150	220	150
при экскавации мерзлых грунтов	18	200	200	175	300	20	50	115
Допустимая глубина рыхления мерзлого слоя, м	Без ограничения	1	1	1	1,5	До 0,7	До 1,2	Без ограничения
Масса экскаватора, т	18,3	31	33	31,5	61,8	6,25	18,6	24,2

Примечание. До черты даны показатели для траншей без откосов, за чертой — с откосами, в скобках — по верху траншеи.

двигателя 368 кВт, выпускаются заводом самоходных землеройных машин (г. Балаково) совместно с заводом строительных машин (г. Стерлитамак). Предназначены для выполнения больших объемов работ, в том числе для разработки мерзлых грунтов с температурой до —20 °С и разборно-скальных грунтов в промышленном, гражданском и дорожном строительстве.

Многоковшовые экскаваторы — землеройные машины с рабочим органом в виде ковшовой цепи или ковшового колеса, которым сообщаются движение и усилия, достаточные для отделения грунта от массива, захвата и переноса его. Главная особенность этих машин — непрерывность рабочего процесса. Основное их назначение в строительстве — отрывка траншей и щелей под трубопроводы и линии связи, производство гидротехнических и мелиоративных земляных сооружений.

По виду рабочего органа различают экскаваторы цепные и роторные, а по его положению относительно направления перемещения — многоковшовые продольного и поперечного копания и полноповоротные. По ходовому оборудованию эти экскаваторы разделяют на гусеничные и колесные. В качестве ходового оборудования используются узлы ходовых устройств гусеничных и реже колесных тракторов. Экскаваторы оборудованы различными приводами: с приводом от двигателя внутреннего сгорания, дизель-электрические, дизель- и электрогидравлические.

Наибольшее распространение в строительстве получили роторные (ЭТР) и цепные (ЭТЦ) траншейные экскаваторы продольного копания (табл. 1.17). Малое применение нашли полноповоротные роторные экскаваторы.

Глава 2
Основные способы производства земляных работ

2.1. Подготовительные работы

До начала производства работ по устройству земляных сооружений производят подготовительные работы, которые разделяются на внешнеплощадочные и внутриплощадочные.

В состав внешнеплощадочных работ подготовительного периода входят работы, связанные с прокладкой магистральных линий. К ним относятся внешние автомобильные дороги, линии связи и электропередачи с трансформаторными подстанциями, водопровод с заборным сооружением, канализационные коллекторы с очистными сооружениями, газопроводные сети с распределительными пунктами.

В состав внутриплощадочных работ подготовительного периода включаются следующие работы: расчистка территории строительной площадки, снос не используемых в процессе строительства временных сооружений и зданий; создание геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические разбивочные работы для прокладки инженерных сетей, дорог и возведения зданий и сооружений; планировка территории, искусственное понижение (в необходимых случаях) уровня грунтовых вод, переукладка существующих и прокладка новых инженерных сетей, устройство постоянных и временных дорог, инвентарных временных ограждений строительной площадки с организацией в необходимых случаях контрольно-пропускного режима; размещение мобильных (инвентарных) зданий и сооружений производственного, складского, вспомогательного, бытового и общественного назначения, устройство складских площадей и помещений для материалов, конструкций и оборудования, организация связи для оперативно-диспетчерского управления производством работ, обеспечение строительной площадки противопожарным водоснабжением, освещением и средствами сигнализации (СНиП

3.01.01—85 «Организация строительного производства»).

Расчистка территории. Расчистку площадки от кустарника и мелколесья осуществляют бульдозерами-кусторезами, которые срезают не только кусты, но и деревья толщиной у комля до 20 см за один проход и толщиной до 40 см за два-три прохода в зависимости от породы срезаемых деревьев и грунтовых условий.

Рабочим органом кустореза является отвал с ножами, укрепленный к рамам гусеничных тележек трактора. Кусторез имеет ограждение, предохраняющее водителя и трактор от падающих деревьев.

Техническая характеристика кусторезов

	ДП-4	ДП-24
Базовый трактор:		
модель	Т-100МЗГП	ТО-130.1.1.1
мощность двигателя, кВт	79,4	117,6
Ширина захвата, м	3,6	3,6
Угол установки ножей в плане, град	64	64
Рабочие скорости, км/ч:		
вперед	2,4...4,5	3,6...4,4
назад	4,5...5,3	2,7...6,8
Габариты, м	7,4×3,6×3,15	7,6×3,6×3,25
Масса, т:		
общая	14,42	17,0
оборудования кустореза	2,42	3,32

Если на участке одновременно работают два кустореза, для них выделяют отдельные полосы или отводят обособленные участки.

Для корчевки пней диаметром до 30 см применяют тракторы, бульдозеры, корчеватели-собиратели, у которых отвал представляет собой решетчатый щит с изогнутыми зубьями, расположенными в нижней части. Зубья корчевателя-собирателя опускаются ниже уровня земли на 15...20 см и при движении поддевают корневища, выдергивая их, и удаляют за пределы площадки волоком.

Для корчевки пней диаметром 30...40 см применяют бульдозеры и корчеватели-собиратели со специальным оборудованием, а 40...50 см — корчевательные лебедки и корчеватели (ДП-8А, ДП-2, ДП-3, ДП-25, Д-695А). Для корчевки пней диаметром более 50 см

с сильно развитой корневой системой или пней диаметром более 30 см, находящихся в мерзлых грунтах, следует применять взрывной способ.

Если валуны на поверхности земли являются негабаритными, более $l_н$ (см. гл. 1, § 1.3) для применяемых землеройных и землеройно-транспортных машин, их убирают до начала земляных работ бульдозерами за пределы зоны работ или дробят на месте взрывным способом — наружными или шпуровыми зарядами.

До начала земляных работ на площадке необходимо снять плодородный растительный слой в размерах, указанных в техническом проекте, и уложить в отвалы для дальнейшего использования его при рекультивации (восстановлении) нарушенных сельскохозяйственных земель, а также при благоустройстве площадки. Снятие плодородного слоя производят в немерзлом состоянии бульдозерами и скреперами.

Водоотвод и водопонижение. До начала производства земляных работ должна быть подготовлена площадка для стока поверхностных вод. Для этого выполняют постоянные и временные водоотводные устройства — оградительные обвалования и канавы. Поперечные сечения и уклоны всех временных водоотводных устройств рассчитываются на пропуск ливневого расхода воды от таяния снега. Бровка временных водоотводных канав должна возвышаться над расчетным уровнем воды не менее чем на 0,1...0,2 м. Продольный уклон временных водоотводных устройств должен быть не менее 0,003°.

При разработке грунтов, в особенности обводненных, ниже горизонта грунтовых вод применяют способы открытого водоотлива и искусственного водопонижения (иглофильтровой, вакуумный, электроосмос, водопонизительные скважины). Описание этих способов дано в § 2.7.

Землевозные дороги. Для транспортировки грунта следует максимально использовать существующую дорожную сеть, а при необходимости предусматривать устройство временных землевозных дорог. Их следует устраивать, как правило, для двустороннего движения. Однопутные дороги допускаются при кольцевом движении. Ширина проезжей части дороги при движении по ней автосамосвалов грузоподъемностью до 12 т при двустороннем движении составляет 7 м, а при одно-

стороннем — 3,5 м. Ширина одной обочины должна быть не менее 1 м, в стесненных условиях и в местах въездов и съездов ширина обочины может быть уменьшена до 0,5 м.

Землевозные дороги для скреперов следует устраивать с наименьшим числом поворотов в грузовом направлении. Ширина проезжей части въездов и съездов при одностороннем движении должна быть для скреперов с вместимостью ковша до 6; 8...10 и более 10 м³ соответственно равна 4; 4,5 и 5,5 м.

Минимальный радиус горизонтальной кривой в естественных условиях для двухосных автомобилей грузоподъемностью до 30 т принимают 15 м, более 30 т и трехосных автомобилей — 20 м. В забоях и на отвалах радиусы горизонтальных кривых могут быть равны конструктивным радиусам поворота автомобиля применяемой модели.

Руководящий уклон автомобильных земляных дорог следует принимать равным 0,05 (5 %) и не более 0,08 (8 %). В местах выездов из котлованов и грунтовых карьеров, въездов на насыпи и т. п. величина уклона может быть увеличена до 0,1°, а при специальном обосновании — до 0,15°.

Покрытия для временных автомобильных дорог из сухих песчаных грунтов устраивают подсыпкой из суглинка слоем 0,3...0,5 м, из глинистых грунтов — из шлака или мелочи горной породы толщиной 0,4 м. На влажных песчаных грунтах покрытие землевозных дорог не устраивают, а производят профилирование и укатку земляного полотна. Землевозные дороги в летнее время необходимо периодически поливать водой, очищать от грязи и пыли, в зимнее время очищать от снега и льда, а при гололеде — посыпать песком, шлаком и др.

Сплошное или колейное покрытие из сборных железобетонных плит при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается при устройстве выездов из котлованов и въездов на насыпи. При глинистых грунтах сборные железобетонные плиты должны укладываться на основание из дренирующих материалов. Временные землевозные дороги с усовершенствованным покрытием устраивают только при большом объеме перевозимого грунта и длительном сроке эксплуатации дорог.

Разбивка земляных сооружений. Производство земляных работ на строительной площадке разрешается только после выполнения геодезических работ по разбивке земляных сооружений и установки соответствующих разбивочных знаков. Разбивку земляных сооружений производят при помощи геодезических инструментов (нивелира, теодолита). К разбивке земляных сооружений приступают после расчистки полосы от деревьев, пней, кустарников и удаления растительного слоя.

До начала земляных работ по геодезическому плану определяют положение сооружений на местности. Этот план обычно составляют в единой системе координат в горизонтальном и высотном отношении. Опорные пункты и нивелирные сети привязываются к пунктам государственной триангуляционной сети. Для того чтобы перенести в натуру размеры элементов земляных сооружений, территорию строительной площадки делят на квадраты со стороной 100...200 м, закрепляя реперами вершины квадратов.

Для планировки площадки на местности обозначают вершины квадратов, характерные промежуточные точки и проектные отметки планируемой площадки в вершинах квадратов и промежуточных точках. В вершинах квадратов устанавливают колышки по нивелиру, а в промежуточных точках — по визиркам. Высота колышков должна соответствовать проектным отметкам. Обозначают также оси, ширину и глубину водоотводных канав. Для вынесения в натуру заданного уклона водоотводных канав в начальной и конечной точках колья устанавливают по нивелиру, а промежуточные определяют визиркой.

Разбивку траншей и котлованов для фундаментов зданий и сооружений производят по рабочим разбивочным чертежам, где все размеры даны от начала координат, за которое можно принять точку пересечения крайних взаимно перпендикулярных осей здания (рис. 1.1). На разбивочный чертеж наносят отметки дна траншеи (котлована). Все данные разбивочного чертежа переносят на обноску, состоящую из прочно закопанных в землю столбов и прибитых к ним (с внешней стороны) досок на ребро.

Столбы обноски устанавливают по теодолиту параллельно осям будущего здания или сооружения по

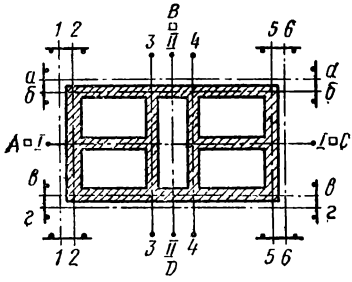
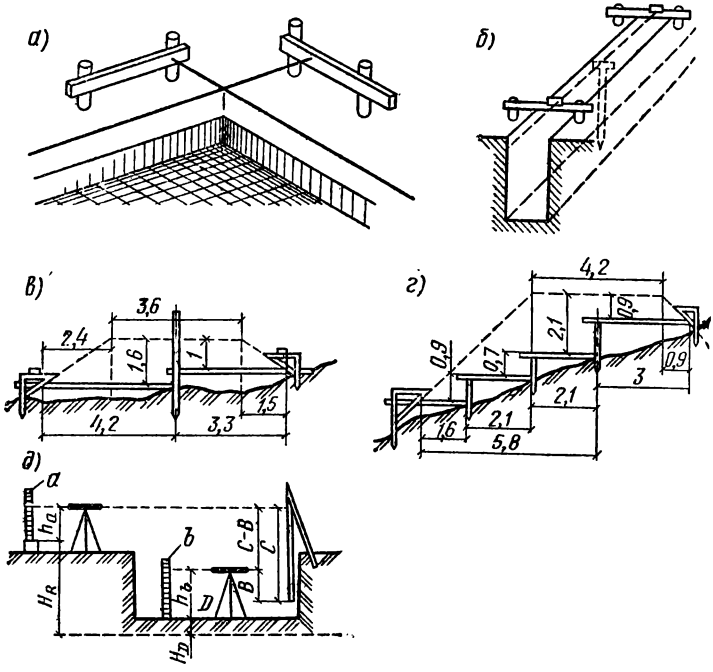


Рис. 2.1. Разбивочный чертеж

Рис. 2.2. Схемы разбивки траншей, котлованов и насыпей

а — котлована; *б* — траншеи; *в* — насыпи на местности без поперечного уклона; *г* — то же, на косогоре; *д* — определение отметки дна глубокого котлована



всему периметру. При больших размерах здания дополнительно делают внутренние обноски через 40...60 м. Обноски могут быть инвентарные (из труб или профильного металла). Для прохода и проездов в обноске делают разрывы шириной 3...4 м. Оси траншей и котлованов, а также их бровки определяют натягиванием проволоки. Отметки дна траншей и кот-

ованов обозначают на обноске, столбах-реперах или вертикально поставленных досках. Небольшую глубину выемки контролируют нивелиром, большую — двумя нивелирами и рулеткой с грузом, которую прикрепляют к колу, поставленному над выемкой.

Отметка H_D точки D (рис. 2.2) в котловане определяется из выражения

$$H_D = H_R + h_a - (C - B) - h_b,$$

где H_R — отметка репера, расположенного на поверхности земли; h_a — отсчет на рейке a, установленной над репером; h_b — отсчет на рейке b, расположенной в котловане; C и B — отсчеты по рулетке.

При разбивке котлована для массивных фундаментов под технологическое оборудование определяют их контур на местности и на углах устанавливают обноску. Натянутые проволоки между противоположными обносками обозначают положение бровок котлована. На обносках указывают глубину котлована.

При разбивке трасс подземных коммуникаций устанавливают временные реперы и обозначают на местности ось трассы вешками, которые устанавливают через каждые 10 м на прямых участках и через 5 м — на кривых, а также в характерных точках — углах поворота трассы и местах расположения колодцев. Все точки закрепляют, забивая колышки на некотором расстоянии от оси трассы по одной ее стороне. На колышки наносят порядковый номер точки, расстояние до оси трассы, номер колодца, величину угла поворота, начало и конец кривой.

Перед началом рытья траншеи с откосами вешки устанавливают от оси и вдоль бровок, а после работы экскаваторов в местах расположения колодцев и на углах поворота трассы устанавливают обноски.

Разбивка выемок и насыпей большой протяженности (рис. 2.3) состоит в обозначении на местности вешками и кольями оси сооружения, ширины выемки поверху и насыпи понизу, высоты насыпи, глубины выемки и крутизны откосов. Все разбивочные знаки (створные вехи, сторожки) закрепляют кольями, которые забивают с одной стороны сооружения на определенном расстоянии от основания разбивочных знаков. Откосы выемок и насыпей обозначают шаблонами, которые должны быть хорошо видны машинисту экскаватора. Откосные шаблоны выемок можно уста-

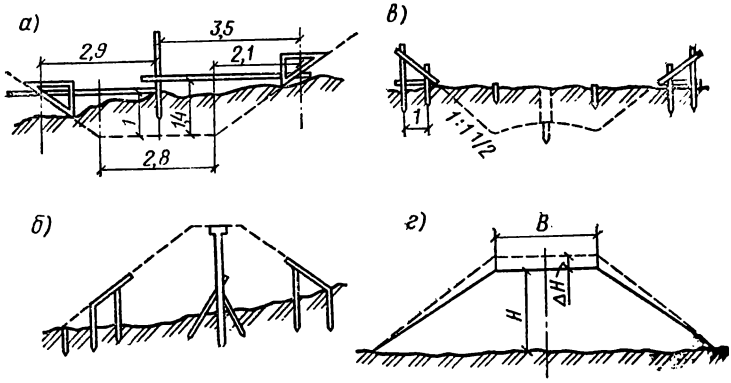


Рис. 2.3. Схемы разбивки выемок и насыпей большой протяженности

а — разбивка выемки; *б* — закрепление на местности разбивки насыпи; *в* — то же, выемки; *г* — разбивка насыпи с учетом ее осадки

навливать на некоторой высоте параллельно проектной линии откоса.

Высоту насыпи (с учетом запаса на ее осадку) обозначают вехами высотой $H+\Delta H$, которые устанавливают на некотором расстоянии от одной из сторон насыпи.

Строительная организация, выполняющая работы, должна обеспечить сохранность всех разбивочных знаков (реперов, колышков) в течение всего времени производства работ, а также всех геодезических знаков, закрепляющих пункты геодезической разбивочной основы.

При большом объеме работ по разбивке земляных сооружений и сжатых сроках строительства в последние годы используют вместо геодезических инструментов лазерные установки, световой луч которых позволяет оперативно и качественно производить разбивочные работы, в том числе и в условиях плохой видимости.

2.2. Разработка грунтов экскаваторами

Основные схемы производства работ. Все земляные работы, выполняемые одноковшовыми экскаваторами, разделяются на две группы: бестранспортные и транспортные.

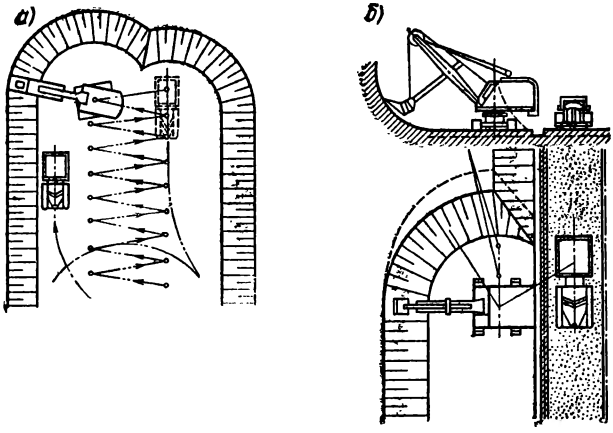


Рис. 2.4. Транспортные схемы работы экскаватора, оборудованного прямой лопатой

а — лобовая широкая проходка с погрузкой грунта в автотранспорт, перемещающийся по подошве забоя; *б* — боковая проходка с погрузкой грунта в автотранспорт

Бестранспортными схемами называются такие схемы, при которых экскаватор разрабатывает грунт и укладывает его в отвал (насыпь), кавальер или в земляное сооружение. При простой бестранспортной схеме разработки грунт укладывается в отвал или кавальер без последующей его перевалки (переэкскавации), при сложной — во временный (первичный) отвал и подлежит частичной или полной переэкскавации.

Транспортными являются схемы, при которых грунт грузится экскаватором в автосамосвалы (рис. 2.4) и отвозится в заданное место. При этом возможны различные схемы движения транспорта: тупиковые (автосамосвалы подъезжают к экскаватору и возвращаются по тому же пути) и сквозные (автосамосвалы подъезжают к экскаватору без маневрирования и после погрузки уезжают по дороге, являющейся продолжением въездного пути).

Схема производства работ зависит от особенностей строительства. Например, в водохозяйственном, нефтегазопроводном и транспортном строительстве преобладают бестранспортные схемы, а в промышленном и жилищном — транспортные.

Разработку грунта одноковшовыми экскаваторами производят *проходками*. Число проходок, забоев и их параметры предусматривают в проектах и технологических картах производства земляных работ для каждого конкретного объекта в соответствии с параметрами земляных сооружений (по рабочим чертежам) и с оптимальными рабочими размерами оборудования экскаваторов.

Разработка грунта осуществляется лобовыми или боковыми проходками. При лобовой проходке экскаватор, ось хода которого совпадает с осью земляного сооружения или находится в площади ее сечения, разрабатывает три откоса выемки — два боковых и торцевой.

Боковые проходки бывают двух типов: закрытая (рис. 2.5, *а*, *б*), когда ось хода экскаватора располагается сбоку сечения выемки (экскаватор разрабатывает три откоса — два боковых и торцевой) и открытая (рис. 2.5, *в*), когда экскаватор перемещается вдоль полосы и разрабатывает два откоса (боковой и торцевой).

Забоем называют рабочую зону экскаватора, включающую площадку, на которой находится экскаватор, часть массива грунта, отрываемого с одной стоянки, и площадку для стоянки транспортных средств под погрузкой.

Параметры проходок и забоев должны обеспечивать возможность работы ковшом с наименьшими затратами времени на выполнение рабочего цикла экскавации. Для этого принимают ширину проходок (забоев) с таким расчетом, чтобы экскаватор мог работать при средней величине углов поворота не более 70°; глубину (высоту) забоев — не меньше длины стружки грунта, необходимой для заполнения ковша «с шапкой» за один прием черпания (копания); длину проходов — с учетом возможно меньшего количества переходов экскаватора в забое. Уклоны проходок предусматриваются такими, чтобы предотвратить приток и скопление в забоях грунтовых и поверхностных вод.

Допустимая крутизна временных откосов выемок. В грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод и расположенных поблизости подземных сооружений разработка выемок с вертикальными стенками без их крепления может осуществляться на

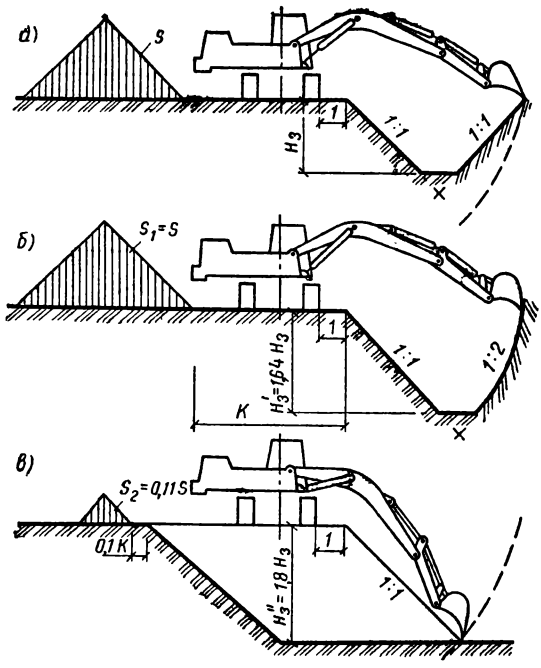


Рис. 2.5. Схемы разработки выемок экскаватором, оборудованным обратной лопатой

а — боковой закрытой проходкой и одинаковой крутизной откосов; *б* — то же, с разной крутизной откосов; *в* — боковой открытой проходкой

глубину не более: 1 м — в песчаных насыпях и гравийных грунтах; 1,25 м — в супесях; 1,5 м — в суглинках и глинах; 2 м — в особо плотных нескальных грунтах.

При разработке грунтов естественной влажности крутизна откосов выемок (1 : m), разрабатываемых без крепления на глубину 2...5 м, принимается по данным табл. 2.1. При глубине выемки более 5 м крутизна откосов устанавливается по расчету. Крутизну откосов выемок в глинистых переувлажненных дождевыми, снеговыми (талыми) водами грунтах следует уменьшить до угла естественного откоса α_0, который для песка составляет обычно 30—35°, супеси 35...40°, суглинка и глины 40°. За состоянием откосов выемок необходимо вести систематическое наблюдение, осматривая грунт перед началом работ.

2.1. Допустимая крутизна откосов котлованов и траншей

Грунт	При глубине выемки, м					
	до 1,5		до 3		до 5	
	Угол откоса выемки, град	Крутизна откоса	Угол откоса выемки, град	Крутизна откоса	Угол откоса выемки, град	Крутизна откоса
Насыпной естественной влажности	76	1:0,25	45	1:1	38	1:1,25
Песчаный и гравийный (насыщенный)	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1
Глинистый:						
супесь	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85
суглинок	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75
глина	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5
Лессовидный сухой	90	1:0	63	1:0,5	63	1:0,5

Минимальное расстояние от поворачивающихся частей платформы (задней части платформы ковша) до автосамосвалов, находящихся на рабочем месте экскаватора, строений и столбов должно быть не менее $d = 1$ м (рис. 2.6, *а*). Минимальное расстояние до откосов определяется по прямой линии, перпендикулярной откосам.

Минимальное расстояние D от оси хода экскаватора до подошвы откоса выемки или отвала (рис. 2.6, *б*) зависит от радиуса вращения задней части платформы r, допустимого угла откоса отвала θ, высоты части платформы h_3

$$D = r + \operatorname{tg}\theta h_3.$$

Так, например, при крутизне откоса отвала от 1 : 0,5 до 1 : 1,2 величина D изменяется для экскаваторов: Э-1252Б — 4,1...3,6 м; ЭО-4321А, ЭО-4123А—3,5...2,8 м; ЭО-4121А, ЭО-4121Б — 4...3 м; ЭО-5122А, ЭО-5123 — 4,1...3,1 м.

При разработке котлованов и выемок экскаваторами, оборудованными обратной лопатой или драглайном, необходимо правильно установить машину относительно верхней бровки откоса.

Рис. 2.6. Определение минимально допустимого расстояния

а — между экскаватором и строениями; *б* — между экскаватором и отвалом

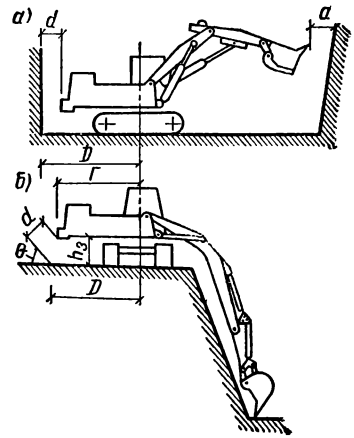
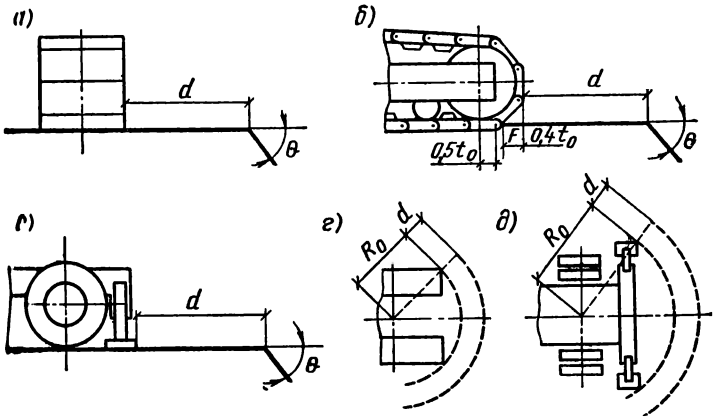


Рис. 2.7. Определение допустимого расстояния от верхней бровки откоса до опор экскаватора

а — гусеница экскаватора расположена параллельно откосу; *б* — то же, перпендикулярно откосу; *в* — отсчет расстояния от башмака выносной опоры до бровки; *г* — схема отсчета для гусеничного экскаватора; *д* — то же, для пневмоколесного экскаватора



Минимальное расстояние от опор экскаватора до верхней бровки откоса выемки при условии соблюдения допустимого угла откоса θ и глубине выемки до 8 м должно быть не менее $d = 1$ м. Если гусеницы установлены вдоль откоса (для боковой бровки откоса рабочего места), расстояние между бровкой откоса и гусеницей определяется согласно рис. 2.7, *а*. Если же гусеницы установлены перпендикулярно откосу (для лобовой бровки откоса рабочего места), то отсчет необходимого расстояния от опоры экскаватора до бровки откоса следует производить от точки *F* (рис. 2.7, *б*)

и оно составит $d+0,4t_0=110...115$ см (t_0 — длина гусеничного звена). На экскаваторах, имеющих выносные опоры, расстояние от опоры до бровки откоса определяют согласно рис. 2.7, *в*. При определении размеров боковых проходок наименьшее расстояние от опор экскаватора до верхней бровки откоса устанавливают согласно рис. 2.7, *г*, *д*.

Бермы безопасности. При установке экскаватора близко к бровке откоса возникает опасность обрушения откоса, сползания или опрокидывания экскаватора. В связи с этим вдоль верхней бровки откоса оставляется предохранительная полоса, называемая бермой безопасности. Ширина бермы безопасности определяет минимальное расстояние для прохождения транспортных средств, землеройных и других машин от бровки откоса. Ее размер зависит в основном от высоты откоса и свойств грунтов (табл. 2.2).

2.2. Величина берм безопасности, м

Размерная группа экскаватора	Высота откоса, м	Допустимый угол откоса, град			
		80	63	53	38
3	4	0,4	1	1,5	2,6
4	5	0,4	1,2	1,7	2,9
5	5,6	0,5	1,4	1,9	3,3
6	6	0,5	1,5	2,1	3,6
7	7	0,6	1,7	2,5	4,2

Доработка оснований выемок. В связи со сложной конфигурацией рабочего контура ковша (наличие зубьев, криволинейная форма) и кинематикой движения ковша в грунте невозможно точно выполнить заданные отметки дна или откоса выемки. Степень точности работы зависит от возможности изменения угла передней стенки ковша относительно поверхности грунта. При этом у гидравлических экскаваторов точность работы больше, чем у механических. В ряде случаев основания земляных сооружений (котлованы и траншеи под фундаменты, а также каналы, подлежащие облицовке) необходимо устранить без нарушения естественной структуры грунта. Такие сооружения разрабатывают с недобором, допускаемые величины которого указаны в табл. 2.3.

2.3. Допустимый недобор грунта при работе одноковшовых экскаваторов, см

Вместимость ковша, м³	Рабочее оборудование		
	прямая лопата	обратная лопата	драглайн
	Механические экскаваторы		
0,4	5	10	15
0,65	10	15	20
0,8...1,25	10	17	25
1,5...2,5	15	20	30
3...5	20	—	30
	Гидравлические экскаваторы		
0,5	5	5	—
0,65...1	7	10	—
1,25...1,6	7	10	—
2...3,2	10	12	—

Доработку оснований и откосов выемок осуществляют специальными ковшами с козырьками, телескопическим оборудованием, оборудованием с автоматическим устройством контроля движения кромки ковша по заданной траектории. Для этих работ используют также бульдозеры и автогрейдеры.

Наибольшая производительность экскаватора достигается при соблюдении следующих условий: исправность экскаватора; своевременный технический уход за машиной; максимальное наполнение ковша; своевременная очистка ковша от налипающего и намерзающего грунта; рациональное использование времени на полезную работу ковша; сведение к минимуму затрат времени на выполнение вспомогательных операций (передвижку экскаватора, очистку ковша и т. п.).

Для наполнения ковша с наименьшими затратами времени режущие и рыхлящие органы его (зубья стандартных ковшей, сплошные режущие кромки ковшей полукруглой формы) затачивают; первоначальные размеры их восстанавливают своевременно по мере износа во время профилактического осмотра.

Регулировку подвески ковша экскаватора к канатам (драглайны) и крепление его к рукояти (прямая лопата) осуществляют в соответствии с видом грунта,

с очертаниями забоя, обеспечивая оптимальный угол врезания ковша в грунт. Для разработки легких грунтов (I и II групп) угол между осью рукояти и задней стенкой ковша должен быть 125, а плотных грунтов — 105°.

При работе экскаватора не следует допускать недогрузку или перегрузку транспортных средств, а также неравномерную загрузку площади кузова. При наличии в забое негабаритных кусков свыше $l_н$ (крупных валунов, разрыхленных кусков скальных и мерзлых грунтов и т. п.) их обычно отодвигают ковшом в сторону. Погрузка отдельных крупных кусков в порядке исключения может производиться при соблюдении требований, изложенных в § 1.3.

Экскаваторы с прямой лопатой применяют для разработки грунта, расположенного выше уровня стоянки экскаватора. Их используют в основном при разработке котлованов, разрезных и пионерных траншей (первых проходок), выемок при дорожном и гидротехническом строительстве, магистральных каналов, траншей для коллекторов и фундаментов зданий.

При работе экскаватора с прямой лопатой применяют только транспортные схемы, поскольку малые линейные размеры экскаватора не могут обеспечить достаточного объема отвала для нормальной работы.

Грунт разрабатывают лобовыми и боковыми проходками (рис. 2.8, *а*, *б*). При малой ширине лобовой проходки $B < 1{,}5\,R$ экскаватор движется по центру проходки с односторонней погрузкой в транспорт, при этом максимальное значение проходки определяется из выражения

$$B_л \leqslant 2\sqrt{R^2 - l_п^2},$$

где R — максимальный радиус копания, м; $l_п$ — длина рабочей передвижки экскаватора, м.

Котлованы шириной $B = 1{,}5\,R$ до $1{,}9\,R$ могут разрабатываться лобовой проходкой с двусторонней подачей транспортных средств. При ширине котлована $B = 1{,}9\,R$ до $2{,}5\,R$ применяют уширенную лобовую проходку с перемещением экскаватора по зигзагу (рис. 2.8, *в*), а до $3{,}5\,R$ — с перемещением поперек котлована.

Широкие котлованы $B > 3{,}5\,R$ разрабатывают вначале лобовой, а затем боковыми проходками. Макси-

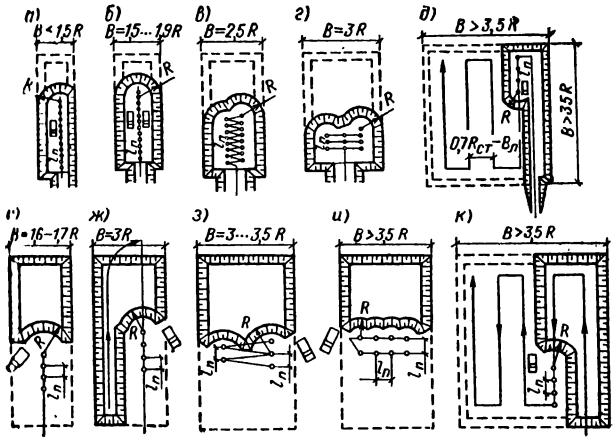


Рис. 2.8. Разработка котлованов одноковшовыми экскаваторами

а — лобовая проходка прямой лопаты с односторонней погрузкой грунта самосвалы; *б* — то же, с двусторонней погрузкой; *в* — то же, с зигзагообразным перемещением экскаватора; *г* — поперечно-торцевая проходка; *д* — боковая проходка; *е* — торцевая проходка обратной лопаты или драглайна при перемещении по прямой; *ж* — то же, с двумя проходками экскаватора; *з* — то же, при зигзагообразном перемещении экскаватора; *и* — поперечно-торцевая проходка; *к* — продольно-торцевая проходка

мальная ширина каждой боковой проходки

$$B_б = B_л + 0{,}7R_{ст},$$

где $R_{ст}$ — наибольший радиус копания на уровне стоянки экскаватора, м.

Ширина проходки при разработке гидравлическим экскаватором с оборудованием «прямая лопата» взорванных скальных грунтов может быть принята равной:

$$B = (2, \ldots, 2{,}2)\, R_{ст}.$$

При выборе схемы разработки забоя гидравлическим экскаватором, оборудованным прямой лопатой, необходимо учитывать возможность копания двумя способами: интенсивным горизонтальным внедрением зубьев ковша в нижнюю, среднюю и даже в верхнюю часть забоя с последующим поворотом относительно рукояти (раздельное копание) или ступенчатым внедрением ковша в забой с небольшим поворотом его относительно рукояти (совмещенное копание).

Гидравлические экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, имеют следующие преимущества: увеличение мобильности и маневренности; увеличение уси-

лий на зубья ковша; сокращение продолжительности рабочих циклов за счет уменьшения массы машины и интенсификации процесса копания; увеличение наполнения ковша, особенно в низких забоях; увеличение ряда рабочих параметров (радиуса копания на горизонте установки, глубины копания ниже уровня стоянки); облегчение извлечения из забоя и погрузки негабаритных кусков грунта; повышение эффективности раздельной выемки различных грунтов из забоя.

Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша механического экскаватора грунтом «с шапкой», при разработке прямой лопатой зависит от вида (прочности) грунта и вместимости ковша экскаватора (табл. 2.4).

2.4. Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша «с шапкой», м

Группа грунта	Вместимость ковша, м³				
	0,25	0,4...0,5	0,65...0,8	1...1,25	1,6...2,5
I, II	1,5	1,5	2,5	3	3
III	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5
IV	3	3,5	5,5	6	6

При работе гидравлических экскаваторов наименьшая высота забоев (из условия наполнения ковша) должна составлять 2—3 высоты ковша экскаватора.

При разработке грунта прямой лопатой без применения взрывных работ наибольшую высоту забоев принимают равной максимальной высоте копания экскаватора.

Наибольшая высота забоя у экскаваторов, оборудованных прямой лопатой с механическим приводом при угле наклона стрелы к горизонту 45...60° при вместимости ковша 0,25...2,5 м³, составит 4,8...10,8 м.

При разработке связных грунтов универсальными гидравлическими экскаваторами, оборудованных прямой лопатой, максимальная высота забоев должна приниматься примерно на 30 % меньше наибольшей кинематической высоты копания $H_к$, указанной в технической характеристике:

$$H_{max} < 0{,}7H_к.$$

Это обстоятельство объясняется тем, что фактиче-

или высота копания (в контакте с забоем) на 25...35 % больше $H_к$.

При разработке взорванных полускальных и скальных грунтов и пород экскаваторами типа «прямая лопата» высота забоя зависит от свойств грунтов и размеров экскаваторов. Минимальная высота забоя определяется из условия наполнения ковша за один цикл, но не должна быть менее двойной-тройной высоты ковша. Наибольшая высота определяется физико-механическими свойствами взорванной массы (сыпучая, связносыпучая и связная) и условиями безопасности работ (табл. 2.5).

2.5. Характерные признаки различных типов обрушения взорванных грунтов

Тип обрушения	Длительность обрушения, с	Коэффициент разрыхления $K_р$	Средний размер куска $d_{ср}$
Одной волной	1—3	1...1,4	Любой
Несколькими волнами	5—70	1,1...1,2	Любой
Течение	5—20	1,3...1,6	<0,2 $b_н$*

* $b_к$ — ширина ковша.

Проведенными исследованиями процесса копания и оборудования взорванных пород карьерными и строительными экскаваторами типа «прямая лопата» установлено, что максимальная высота забоя определяется: свойствами взорванной массы (коэффициентом разрыхления $K_р$, средним размером куска $d_{ср}$, наличием глинистых включений); характером и параметрами процесса обрушения взорванных грунтов при подработке забоя (объемом, частотой и длительностью обрушения, глубиной развала пород по подошве забоя и т. д.); типом и рабочими параметрами экскаватора.

В связных взорванных грунтах (коэффициент разрыхления $K_р$=1,1...1,2), для которых характерны обрушения «одной волной», высота забоя может лишь незначительно превышать максимальную высоту копания механического экскаватора — до 10...15 %, а при наличии негабаритных кусков не должна превышать ее (табл. 2.6). При хорошем качестве дробле-

2.6. Относительная высота разработки взорванных грунтов и штабелей механическими экскаваторами

Масса грунта	Коэффициент разрыхления $K_р$	Угол откоса, град	Тип обрушения	Средний размер куска, в долях ширины ковша			
				0,05...0,1	0,1...0,2	0,2...0,25	наличие негабаритов
Связная	1...1,1	80	Одной волной	1,15 $H_к$	1,1 $H_к$	$H_к$	0,95 $H_к$
Связносыпучая	1,2...1,35	70	Несколькими волнами	1,35 $H_к$	1,25 $H_к$	1,15 $H_к$	1,05 $H_к$
То же	1,3...1,4	60	Течение	1,65 $H_к$	1,45 $H_к$	1,25 $H_к$	1,15 $H_к$
Сыпучая	1,4...1,5	40	»	2,35 $H_к$	2 $H_к$	1,5 $H_к$	1,25 $H_к$

ия породы ($K_р$=1,3...1,5; $d_{ср} \leqslant 0,1\, b_к$, где $b_к$ — ширина ковша) и склонности ее к обрушению (сыпучая масса) максимальная высота забоя может в два раза превышать высоту $H_з$ при соблюдении безопасных условий работы экскаватора, например при погрузке щебня из штабеля и т. п. При связносыпучих грунтах ($K_р$=1,2...1,3), но при наличии отдельных слаборазрыхленных участков в забое или глинистых включений (по объему св. 5...6 %) высота забоя не должна превышать 1,3...1,4 высоты копания. Особенно большие ограничения высоты забоя должны быть при наличии негабаритных кусков грунта, даже в условиях сыпучих и связносыпучих взорванных грунтов.

У гидравлических экскаваторов, оборудованных прямой лопатой, максимальная высота забоя для сыпучих и связносыпучих взорванных грунтов может превышать максимальную кинематическую высоту копания экскаватора не более 10 %. Это обстоятельство связано с меньшим значением фактической высоты копания (в контакте с забоем) по сравнению с величиной $H_к$.

При разработке грунта прямой лопатой с предварительным рыхлением взрывным или механическим способом (мерзлых грунтов, конгломератов и т. п.) ширина зоны рыхления во избежание нависания козырьков над забоем должна быть шире проходок не менее чем на 1 м.

Вдоль бровок откосов забоев, разрабатываемых прямой лопатой, удаляют все крупные камни, пни и другие предметы во избежание падения их в забой.

При сооружении глубоких выемок в гидротехническом и дорожном строительстве проектная глубина выемок может значительно превышать технологические возможности экскаватора. В этом случае глубокие выемки разбивают на уступы и ярусы, высота которых должна соответствовать технологическим нормам. Верхняя часть выемки может разрабатываться затем скреперами, а оставшаяся часть выемки разбивается на ярусы и разрабатывается прямыми лопатами. Оставшаяся часть грунта и откосов может дорабатываться драглайном.

Для экскаваторов, оборудованных прямой и обратной лопатой, параметры выгрузки ковша определяют-

ся высотой выгрузки и ее радиусом, указываемых в характеристиках экскаваторов (табл. 2.7).

Высота выгрузки ковша в самосвалы определяется расстоянием от уровня стоянки экскаватора (само-

2.7. Технологические параметры выгрузки ковша

Экскаватор	Способ разгрузки	Угол наклона стрелы, град	Наибольший радиус выгрузки $R_р$, м	Высота выгрузки при $R_р$, м	Наибольшая высота выгрузки $H_{р.max}$, м	Радиус разгрузки при $H_{р.max}$, м
ЭО-33111	Открыванием днища	—	5,4	2,9	4,3	4,5
Э-652Б	То же	45	7,2	2,7	4,5	6,5
ЭО-4111В, ЭО-4112	»	60	6,5	3	5,6	5,4
ЭО-5111В, Э-10011Е	»	45 60	8,3 7,4	2,5 3,4	5 6	7,4 6
Э-2503, Э-2505	»	45 60	10,8 9,7	3,4 4,1	7 6,1	9 6
ЭО-4121Б, ЭО-4121А, ЭО-4124	» Поворотом ковша	— —	6 7	2,8 3	5 4,4	4,2 4,7
ЭО-5122А, ЭО-5123	То же	—	8,7	2,6	5,1	4,6
ЭО-6122	» Поворотом передней стенки	— —	10 9	5,2 5	5,2 7,8	5,7 5,5

свала) до нижней части ковша (при открытом днище). Ковш экскаватора над кузовом самосвала должен располагаться так, чтобы весь грунт свободно высыпался из него, равномерно в кузов самосвала, полностью используя полезный объем кузова. При повороте ковша он не должен задевать кузов и находящийся в нем грунт. Размеры кузова самосвала обеспечивают возможность перевозки грунтов различной плотности. При перевозке легких грунтов объем кузова используется полностью, а при перевозке скальных — частично (рис. 2.9). Высшая точка насыпи грунта в кузове не должна превышать его борт более чем 0,3 м.

Необходимое превышение нижней точки ковша при

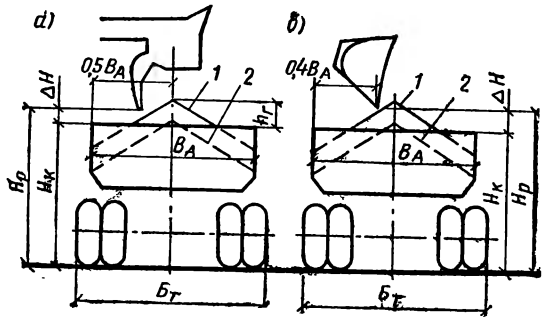


Рис. 2.9. Определение погрузочной высоты экскаватора
а — ковш с открывающимся днищем; *б* — поворачивающийся ковш

го выгрузке над кузовом самосвала при достаточно высокой квалификации машиниста должно быть 0,1 м. Наименьшая высота выгрузки в транспорт определяется выражением

$$H_р = H_к + \Delta H = H_к + 0,1,$$

где $H_к$ — высота борта самосвала от уровня стоянки; ΔH — превышение ковша экскаватора в момент разгрузки над бортом самосвала.

Для равномерного распределения грунта в кузове самосвала ковш экскаватора с открывающимся днищем должен располагаться по центру кузова, а расстояние поворачивающегося ковша от борта кузова составлять 0,3 $B_а$, где $B_а$ — ширина кузова. Для удобства выгрузки и уменьшения просыпания широкий ковш (погрузчика) следует подавать на разгрузку с боковой стороны кузова.

Экскаваторы с обратной лопатой применяют для разработки грунта по транспортным и бестранспортным схемам, при расположении экскаватора на верху разрабатываемой площадки. Работа ведется лобовыми и боковыми проходками, смещая ось рабочего хода экскаватора в сторону подхода транспортных средств.

При работе закрытой и открытой боковой проходкой параметры разрабатываемого сооружения будут различными. Так, при выполнении закрытой боковой проходки крутизна обоих откосов выемки может быть одинаковой (см. рис. 2.5, *а*) или разной (см. рис. 2.5, *б*). Во втором случае глубина разработки может быть

2.8. Необходимая высота выгрузки ковша, м

Экскаватор	Грузоподъемность самосвала, т	Высота борта самосвала, м	Рабочее оборудование экскаватора		
			прямая лопата	обратная лопата	драглайн
ЭО-3311Г, ЭО-3111Г	3,5...4,5	2,6...2,7	2,8...4,3	2,7...4,3	2,8
Э-652Б, ЭО-4111В, ЭО-4112	3,5...4,5	2,6...2,7	2,7...4,5	2,7...5	2,8
Э-2503, Э-2505	6,6...7,5	3,3...3,6	3,4...7	—	3,4
ЭО-4321А, ЭО-4123А	3,5...4,5	2,6...2,7	2,7...6	2,7...5,6	2,8
ЭО-4121А, ЭО-4121Б	3,5...4,5	2,6...2,7	2,7...5	2,7...6,4	2,8
ЭО-5122А, ЭО-5123	6,5...7,5	3,3...3,6	3,4...5,1	3,4...5,5	3,4
ЭО-6122	6,5...7,5	3,3...3,6	5,2...7,8	3,4...6,6	3,4

величена в 1,6 раза. При разработке выемки открытой боковой проходкой (см. рис. 2.5, *в*) глубина может быть увеличена еще на 20 %, но при этом возможный объем отвала и расстояние между отвалом и выемкой уменьшаются почти в 10 раз, что вызывает необходимость грузить грунт в транспорт.

При наличии больших неровностей поверхность проходки при разработке грунта обратной лопатой (в пределах ширины пути передвижения экскаватора) предварительно разравнивают бульдозером или автогрейдером. Наименьшую глубину забоя определяют из условия наполнения ковша «с шапкой», а наибольшие размеры проходок — по параметрам обратных лопат, указанным в паспорте.

2.9. Наименьшие параметры проходок экскаватора, оборудованного обратной лопатой

Вместимость ковша, м³	Наименьшая глубина забоя, м, при грунтах		Наименьшая ширина подошвы торцевого забоя, м
	несвязных	связных	
0,25	1	1,5	1
0,4...0,5	1,2	1,8	1
0,65...0,8	1,5	2	1,3
1...1,25	1,7	2,3	1,5

При разработке грунта экскаватором с обратной лопатой с механическим приводом наименьшие размеры проходок выбирают в соответствии с табл. 2.9 и 2.10.

Наибольший радиус копания механического экскаватора, оборудованного обратной лопатой, при угле

2.10. Ширина боковой проходки экскаватора, оборудованного обратной лопатой при максимальной глубине разработки, м

Экскаватор	Угол откоса, град			
	38	45	53	63
Э-652Б, ЭО-4111В, ЭО-4112	12,1	11,8	10,9	10,6
ЭО-3322А, ЭО-3323, ЭО-3324	10	9,7	9,3	8,7
ЭО-4321А, ЭО-4123А	10,2	9,6	9,1	8,4
ЭО-4121А, ЭО-4121Б, ЭО-4124	11,7	11,1	10,5	9,7
ЭО-5122А, ЭО-5123	13,6	13	12,3	11,2
ЭО-6122	14,9	14,3	13,6	12,6

наклона стрелы 45° и вместимости ковша 0,25...1,25 м³ изменяется от 7,3 до 9,2 м.

Ширину проходки B назначают в зависимости от наибольшего радиуса копания обратной лопаты R и глубины выемки; при разработке грунта с погрузкой в транспорт ее принимают: $B = (1{,}2...1{,}3)R$, а при отсыпке в отвал — $B = (0{,}5...0{,}8)\ R$.

Для гидравлических экскаваторов при заданной глубине котлована ширина лобовой (торцевой) проходки может быть определена из выражения

$$B = 2\sin\beta\sqrt{R^2 - h_ш^2} \approx 1{,}6\sqrt{R^2 - h_ш^2},$$

где β — угол поворота экскаватора от оси движения (принимается $\beta = 50...55°$); $h_ш$ — высота оси крепления шарнира стрелы относительно уровня стоянки экскаватора, м.

При односторонней подаче транспортных средств ось пути экскаватора смещают в их сторону и ширина лобовой проходки составляет $B = 1{,}3\,R$, а при двусторонней подаче — $B = (1{,}6...1{,}7)\ R$.

Драглайны применяются для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора лобовыми (рис. 2.10, *а*) или боковыми (рис. 2.10, *б*) проходками в отвал или транспортные средства. Преимуществом драглайна по сравнению с обратной лопатой являются бóльшие радиус действия и глубина копания. Особенно эффективно разрабатывать драглайном мягкие и плотные грунты I—III групп, в том числе обводненные и со слабой несущей способностью.

Автотранспорт в зависимости от условий работы может располагаться по верху разработки (см. рис. 2.10, *а*) или по подошве забоя (см. рис. 2.10, *б*).

В последней схеме обеспечивается меньший угол поворота экскаватора при выгрузке, но при большой водонасыщенности грунтов могут быть созданы недостаточно благоприятные условия для передвижения автотранспорта по подошве котлована.

При работе в отвал (навымет) угол поворота стрелы принимают: при сооружении выемок дорог — 90...120°; при возведении насыпных сооружений — не св. 90°.

При погрузке грунта в транспортные средства, находящиеся на уровне стоянки экскаватора, угол поворота экскаватора принимают 70...180°; максималь-

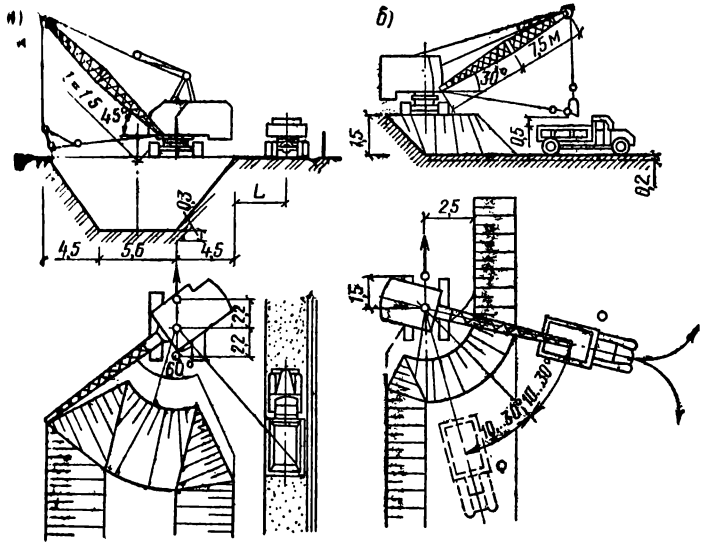


Рис. 2.10. Схемы работы драглайна

а — лобовая проходка; *б* — боковая проходка

2.11. Максимальная глубина разработки грунтов при различных параметрах драглайнов

Вместимость ковша, м³	Длина стрелы, м	Глубина разработки, м, при проходке	
		боковой	лобовой
0,4...0,5	10	4,4...3,8	7,3...5
	13	6,6...5,9	10...7,8
0,65...0,8	11	3,5...2,5	7,5...6,5
		6...4,5	10...9,5
1...1,25	13	5,8...4,9	9,5...7,4
	16	8...7,1	12,2...9,6
1,6...2,5	15	7,4...6,5	12...9,6
	20	10,7...9,4	16,3...13,1
	25	14...12,5	20,6...16,6

Примечание. Углы наклона стрелы к горизонту 30...45°.

ную глубину разработки — в пределах, указанных в табл. 2.11.

Во всех случаях, когда состояние грунта и размеры подошвы проходки драглайна позволяют подавать

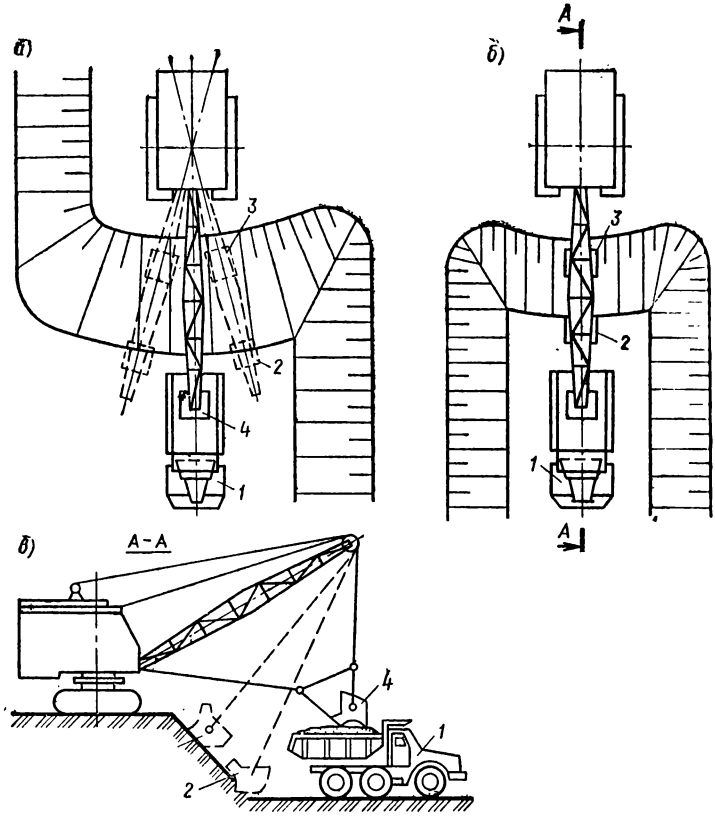


Рис. 2.11. Схемы разработки забоя драглайном

а — поперечно-челночная; *б*, *в* — продольно-челночная; *1* — самосвал; *2* — опускание ковша и набор грунта; *3* — окончание набора и подъем ковша; *4* — разгрузка ковша

автосамосвалы по дну проходки, применяют поперечно-челночный или продольно-челночный способ погрузки (рис. 2.11). При поперечно-челночном способе углы поворота экскаватора не превышают 15°, сокращается время на разгрузку ковша и на реверсирование поворотного движения после его разгрузки.

При продольно-челночном способе грунт набирают перед задней стенкой кузова самосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. В этом случае поворотные движения экскаватора практически отсутствуют.

При челночных способах погрузки грунта ширина проходки и глубина забоя не влияют на производительность экскаватора, а высота подъема ковша определяется не высотой забоя, а высотой погрузки самосвала.

Ковш экскаватора выводят из забоя немедленно после его заполнения. При этом во избежание высыпания грунта из ковша во время поворота экскаватора к месту выгрузки передняя (режущая) часть ковша должна быть несколько выше задней. Поворот экскаватора совмещают с подъемом ковша на высоту разгрузки, поворот от места разгрузки к забою — с опусканием ковша до уровня врезания его в грунт.

В связи с тем, что по конструктивным условиям ковш драглайна имеет ограниченные возможности врезания в грунт, следует обращать особое внимание на качество подготовки забоя взрывным и механическим способом (см. § 1.3).

Наибольшая и рекомендуемая ширина лобовой проходки при работе драглайна зависит от длины и угла наклона стрелы, величины передвижки (табл. 2.12)

2.12. Ширина лобовой проходки, м (при передвижке драглайна 2 м)

Экскаватор	Длина стрелы, м	Угол наклона стрелы, град	Ширина проходки, м	
			наибольшая	рекомендуемая
ЭО-3311Г	7,5	30	14,8	10,5
		45	12,4	9,6
	10,5	30	18,2	15,1
		45	16,8	13,2
ЭО-652Б, ЭО-4111В, ЭО-4122	10	30	21,2	16,8
		45	18,2	14,2
	13	30	26,6	21,4
		45	23	18,4
ЭО-10011Е, ЭО-5111В, ЭО-5115	12,5	30	26	20,8
		45	22,6	18
	15	30	30,8	24,8
		45	26,6	21,4

и угла поворота. Наибольшая производительность драглайна достигается при средних углах поворота в забое 70...90°. Поэтому рекомендуемая ширина проходки обычно составляет 70...80 % максимальной.

Техника безопасности. При работе на экскаваторах следует руководствоваться СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве», а также правилами, изложенными в инструкции по эксплуатации экскаватора. В забое экскаватор необходимо устанавливать на ровной спланированной площадке. Работа на уклонах не разрешается.

При работе прямой лопатой в высоком забое необходимо удалять находящиеся сверху козырьки и крупные камни, поскольку при осыпании грунта они могут повредить экскаватор и стать причиной несчастного случая.

Запрещается нахождение людей и производство каких-либо других работ в зоне действия экскаватора; путь передвижения экскаватора в пределах строительной площадки должен быть заранее спланирован, а на слабых грунтах усилен инвентарными щитами.

Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций (газопроводов, электрокабелей и др.) допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций. До начала работ необходимо установить знаки, указывающие место расположения подземных коммуникаций.

При приближении к подземным коммуникациям земляные работы должны производиться под наблюдением прораба или мастера, а в непосредственной близости от газопровода и кабелей, находящихся под напряжением, кроме того, под наблюдением работников газового хозяйства и электрохозяйства.

Разработка грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций допускается только вручную лопатами; использовать ломы, кирки и пневмомашины запрещается.

Погрузка грунта в самосвалы экскаватором должна производиться со стороны заднего или бокового бока самосвала. Нахождение людей во время погрузки между экскаватором и транспортным средством запрещается.

Во время перерывов в работе ковш экскаватора должен быть опущен на землю. После окончания ра-

ты машинист экскаватора обязан не только прочно остановить ковш, но и затормозить экскаватор.

В пределах призмы обрушения запрещаются складирование материалов, движение и установка строительных машин и транспорта, а также установка столбов линий связи.

Производство работ в траншеях и котлованах, подвергающихся увлажнению после их полного или частичного отрытия, допускается в том случае, если будут приняты меры предосторожности против обрушения грунта. Для этого прорабу или мастеру необходимо тщательно осмотреть состояние откосов перед началом работы каждой смены; необходимо обрушить грунт в местах обнаружения нависей и трещин у бровок и на откосах; временно прекратить работы до высыхания грунта; уменьшить крутизну откосов на участке, где производство работ является неотложным.

Выбор транспортных средств производится с учетом следующих требований:

технологические параметры самосвала (высота борта кузова и его размеры) должны соответствовать параметрам экскаватора;

вместимость кузова самосвала должна обеспечивать погрузку не менее трех ковшей грунта (обычно 3—6 ковшей).

В зависимости от плотности в кузове самосвала помещается различный объем грунта, в свою очередь объем грунта в ковше экскаватора также зависит от плотности грунта и наполнения ковша (табл. 2.13).

2.13. Коэффициент наполнения ковша $K_н$

Плотность грунта, т/м³	Группа грунта	Привод экскаватора	
		механический	гидравлический
1,2...1,5	I...II	0,85	0,85
1,6...1,9	III...IV	0,68	0,77
2...2,3	V...VI	0,45	0,68

Количество ковшей экскаватора n, необходимое для загрузки кузова самосвалов различной грузоподъемности (при полном ее использовании), зависит от грузоподъемности самосвала G, плотности

грунта γ, вместимости ковша E и определяется

$$n = \frac{G/\gamma}{EK_{в}}.$$

Количество циклов экскаватора, необходимое для погрузки самосвалов, представлено в табл. 2.14.

2.14. Количество циклов экскаватора, необходимое для погрузки самосвала

Грузоподъемность самосвала, т	Вместимость ковша, м³	Группа грунта		
		I...II	III...IV	V...VI
3,5...4	0,4	9	7	10
	0,65	6	5	7
	1	4	3	4
	1,25	4	3	3
6	0,5	10	9	11
	0,65	9	7	8
	1	5	5	4
	1,25	4	4	3
	1,6	3	3	3
10	1	9	7	7
	1,25	7	6	5
	1,6	5	5	4
	2	4	4	3
	2,5	3	3	3

Грузоподъемность самосвалов и их количество определяют в зависимости от вместимости ковша экскаватора и расстояния транспортирования (табл. 2.15 и 2.16).

Экскаваторы-планировщики имеют телескопическое оборудование, которое применяется на универсальных экскаваторах как сменное оборудование (например,

2.15. Потребная грузоподъемность самосвалов при работе с одноковшовыми экскаваторами, т

Расстояние транспортирования, км	Вместимость ковша экскаватора, м³					
	0,4	0,65	1	1,25	1,6	2,5
0,5	3,5	4,5	7	7	10	—
1	7	7	10	10	10	11
2	7	10	10	10	25	25
3	7	10	10	10	25	25
4	10	10	10	25	25	25
5	10	10	10	25	25	25

2.16. Рекомендуемое число самосвалов для работы одного одноковшового экскаватора

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность самосвала, т			
	5...7	10...12		25...27
	Вместимость ковша, м³			
	0,65	1,25	1,6...2,5	4,6
0,5	3	4	5	3
1	4	5	7	5
1,5	5	5	8	6
2	6	6	9	7
3	7	8	10	9
5	10	11	12	13

экскаватор ЭО-3322), а на некоторых специальных экскаваторах (например, Сатур, ЧССР) оно является единственным видом оборудования.

Телескопическое оборудование выпускается на экскаваторах 3-й размерной группы и имеет нормальные и удлиненные стрелы. Оно предназначено в основном для производства зачистных работ на откосах насыпей и выемок. Его основные параметры выбирают из условия возможности движения ковша без одновременного поворота стрелы, чем достигается бо́льшая точность и простота работы.

Общая глубина (высота) планируемой поверхности зависит от крутизны откоса. Если длина откоса больше рабочих параметров экскаватора, откос делят на зоны, длина которых равна величине хода выдвижной части стрелы (рис. 2.12, *а*). Планировку откосов можно производить снизу-вверх или сверху-вниз. Экскаваторы с телескопической стрелой применяют также при планировке площадей (рис. 2.12, *б*), при работе в стесненных условиях, например в местах пересечения траншей с уложенными ранее коммуникациями (рис. 2.12, *в*), в этом случае телескопическим оборудованием производится разработка грунта выше и ниже трубопровода. Это же оборудование применяют при разработке грунта в непосредственной близости от строений (рис. 2.12, *г*), при погрузке грунта в самосвалы или отвал. Размеры стесненных мест составляют по высоте 4,5...5 м, по ширине 8...10 м. Глубина разработки 2,5...3 м.

По третьей схеме (рис. 2.13, *в*) выемку разрабатывают двумя проходами экскаватора, которым выполняются две параллельно расположенные траншеи. Оставшийся целик грунта разрабатывают косопоперечными проходками бульдозера, при этом срезают и выполаживают откос выемки со стороны отвала, куда бульдозер транспортирует грунт. При этой схеме бульдозером дорабатывается менее 50 % общего объема грунта.

2.3. Производство земляных работ погрузчиками

Основные способы разработки грунтов. В зависимости от мощности и грузоподъемности погрузчиков, физико-механических свойств разрабатываемых грунтов ковш погрузчика можно наполнять раздельным, совмещенным, экскавационным и комбинированным способами.

При раздельном способе (рис. 2.14, *а*) ковш устанавливают режущей кромкой горизонтально или под углом 3—5°. При движении со скоростью 1,4...1,8 км/ч ковш внедряют в грунт на глубину 0,85...1 длины ковша. После внедрения ковша и остановки машины его запрокладывают до упора и поднимают стрелу в транспортное положение. При высокой квалификации машиниста процесс подъема стрелы в транспортное положение и движения к месту разгрузки можно совместить. Во избежание ударных нагрузок на конструкции и большого износа шин не рекомендуется превышать скорость движения свыше 4 км/ч. Кроме того, для погрузчиков грузоподъемностью до 6 т нежелательно производить слишком глубокое внедрение ковша, так как происходит перенапряжение гидросистемы подъема стрелы. Этот способ наиболее широко применим при погрузке сыпучих строительных материалов.

При совмещенном способе (рис. 2.14, *б*) внедрение ковша в грунт происходит на глубину 0,5...0,6 длины ковша, при скорости 2,5...5 км/ч ковш запрокидывают постепенно. Для наилучшего заполнения ковша необходимо, чтобы скорость движения погрузчика была близка к средней линейной скорости запрокидывания режущей кромки ковша. Тогда напорное усилие внедрения снижается в 2—3 раза по сравнению с раз-

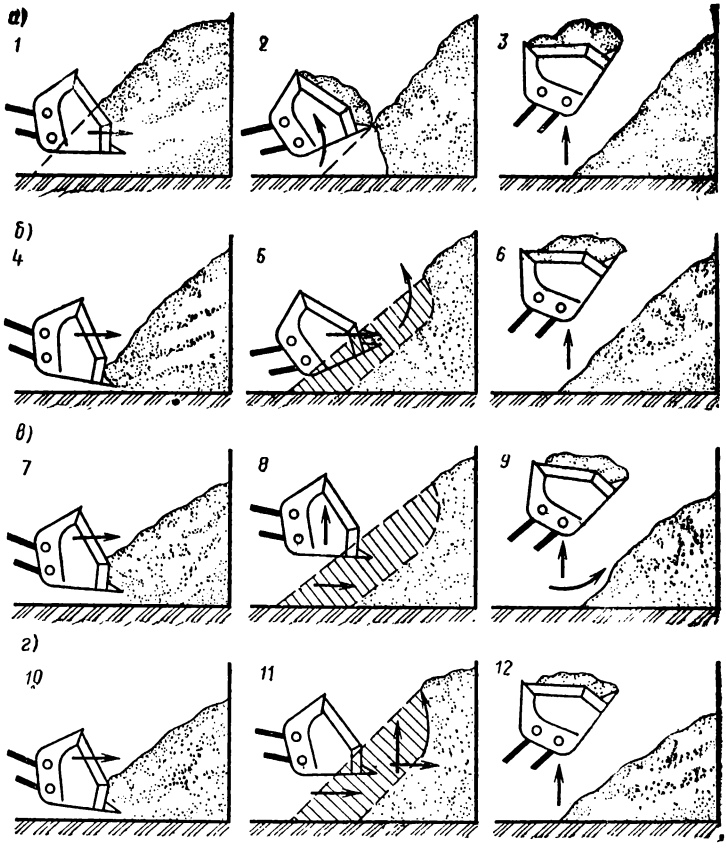


Рис. 2.14. Основные схемы разработки грунта погрузчиком

а — раздельный; *б* — совмещенный; *в* — экскавационный; *г* — комбинированный; *1, 4, 7, 10* — внедрение ковша; *2* — запрокидывание и поворот ковша; *3, 6, 12* — подъем стрелы для установки ковша в транспортное положение; *5, 8* — поворот ковша с одновременным продвижением вперед; *9* — подъем ковша и подъем (опускание) стрелы для установки ковша в транспортное положение; *11* — попеременный поворот ковша и подъем стрелы с одновременным движением вперед

дельным способом. Данный способ копания наиболее эффективен для погрузчиков грузоподъемностью до 10 т при разработке грунтов I—II групп из целика и в разрыхленном состоянии, а также погрузке строительных материалов.

Экскавационный способ (рис. 2.14, *в*) заключается

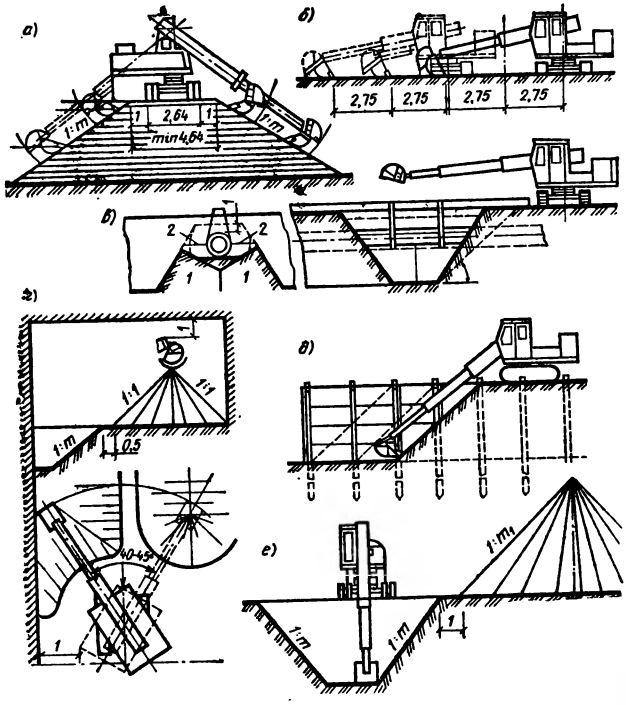


Рис. 2.12. Возможные схемы работы экскаватора с телескопическим оборудованием

а — планировка откосов; *б* — планировка основания; *в* — расчистка пространства около трубопровода; *г* — разработка приямка у стен закрытого помещения; *д* — разработка траншей с вертикальными стенками и щитами; *е* — разработка траншеи с откосами

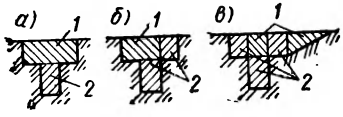


Рис. 2.13. Схемы разработки глубоких траншей роторными экскаваторами и бульдозерами

а — последовательная; *б* — параллельная; *в* — комбинированная; *1* — разработка бульдозером; *2* — разработка роторным экскаватором

Телескопическое оборудование применяют также при разработке узких траншей с вертикальными стенками с креплением щитами и распорками. Для работы телескопического оборудования требуется места в 3...4 раза меньше, чем для обратной лопаты. Этим обеспечивается более быстрая установка щитов и уменьшается опасность обрушения незащищенных откосов

рис. 2.12, *д*). Телескопическим оборудованием можно также разрабатывать котлованы и траншеи лобовыми (рис. 2.12, *е*) и боковыми проходками.

Экскаваторы непрерывного действия. Роторные (ЭТР) и цепные (ЭТЦ) траншейные экскаваторы обеспечивают разработку траншей и каналов глубиной 2...3 м, шириной понизу 2...3 м с крутизной откосов 1 : 1 1 : 1,5.

В зависимости от грунтовых условий и глубины траншеи разрабатывают с вертикальными стенками или откосами. Разработка траншей с вертикальными стенками роторными и цепными экскаваторами в связных грунтах (суглинках, глинах) для укладки трубопроводов плетями на глубину не более 3 м допускается без креплений. В местах, где спускают рабочих в траншею для выполнения работ, устраивают на необходимых расстояниях откосы и крепления.

До начала работы экскаватора поверхность земли по трассе траншеи обычно планируют бульдозером. Рытье траншеи, как правило, начинают со стороны низких отметок продольного профиля и ведут навстречу уклону для стока поверхностных и грунтовых вод.

Длинные траншеи можно разрабатывать одновременно несколькими роторными и цепными экскаваторами. Каждому экскаватору выделяется участок длиной 1...5 км в зависимости от условий строительства.

Если параметры рабочего органа ЭТР или ЭТЦ не позволяют разработать траншею до проектной глубины, то применяют совместную работу экскаватора и бульдозером.

По первой схеме (рис. 2.13, *а*) вначале бульдозерами или скреперами отрывают выемку шириной 3,5...3,0 м, планируют дно этой выемки и затем углубляют до проектной отметки роторным экскаватором. Максимальная глубина траншеи в этом случае составит 4 м (2+2), причем около 70 % грунта разрабатывается менее производительными машинами (бульдозерами или скреперами).

По второй схеме (рис. 2.13, *б*) пионерную выемку разрабатывают в два этапа: вначале отрывают траншею роторным экскаватором, а затем выемку уширяют до необходимых размеров. При этой схеме объем грунта, разрабатываемый бульдозерами, составляет до 50 %.

в том, что ковш наклоняют к основанию забоя на угол 3—5°. После внедрения ковша на глубину до 0,4—0,5 глубины ковша производят подъем стрелы. При выходе из забоя во избежание потерь грунта ковш запрокидывают. При разработке тяжелых грунтов, когда не обеспечивается необходимая глубина внедрения, следует производить дополнительные внедрения. Этот способ целесообразен при разработке плотного и связного грунта при высоте забоя 1,5 м и выше.

Для погрузчиков грузоподъемностью более 10 т максимальное наполнение ковша, в особенности на грунтах IV—V групп, достигается при комбинированном способе разработки (рис. 2.14, *г*). По мере внедрения ковша с наклоном днища 3...5° одновременно с напорным движением погрузчика с помощью механизмов поворота ковша и подъема стрелы осуществляют попеременно поворот ковша на угол 2...3° и подъем стрелы на 5...10° до момента выхода ковша из забоя. Такой способ из-за сложности применяют пока только высококвалифицированные машинисты. При этом производительность погрузчика повышается на 5...10 % [27].

Основные способы разгрузки ковша. Большинство отечественных (ТО-30, ТО-28, ТО-25А) и ряд зарубежных погрузчиков разгружаются запрокидыванием ковша до максимального положения, поднятием стрелы на необходимую высоту и последующим опорожнением ковша (после подачи к автотранспорту).

У погрузчиков ТО-21-1А, ТО-18А и др. в процессе подъема стрелы ковш автоматически из максимально запрокинутого положения выходит в положение разгрузки. После разгрузки ковш устанавливается в положение копания без вмешательства машиниста.

Ковш можно разгружать двумя способами. При первом способе стрелу поднимают на высоту, достаточную для поворота ковша, а при втором — стрелу поднимают на высоту кузова самосвала так, чтобы зубья ковша находились примерно в центре кузова. Затем ковш поворачивают при незначительном подъеме стрелы. При этом высота разгрузки существенно зависит от угла поворота ковша в момент его полного опорожнения.

При втором способе минимально необходимая высота разгрузки меньше на 8...10 %, что значительно

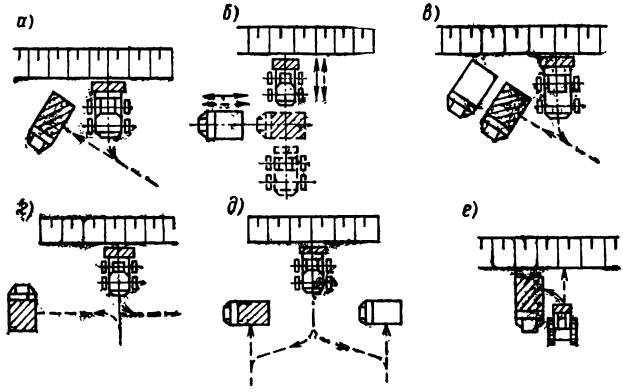


Рис. 2.15. Основные схемы работы погрузчиков в комплекте с автосамосвалами

а, в — с поворотом на 45—50°; *б* — челночным способом; *г* — с поворотом на 90°; *д* — при спаренной установке транспортных средств; *е* — челночным способом с разгрузкой в сторону

влияет на эффективность использования погрузчика в стесненных условиях. Однако при этом продолжительность разгрузки ковша на 30...40 % больше.

Технологические схемы работы погрузчиков. Схема работы зависит от типа погрузчика. Для фронтальных погрузчиков на пневмоколесном ходу (рис. 2.15) наиболее распространена схема с частичным разворотом погрузчика на различные углы при отходе от забоя. Загружаемые самосвалы при этом устанавливают параллельно или под нужным углом к фронту забоя.

При работе гусеничных и мощных пневмоколесных погрузчиков рациональной является челночная схема работы, когда погрузчик перемещается вперед и назад на расстояние 10...20 м перпендикулярно фронту забоя без разворотов. При этом самосвал также совершает челночные движения параллельно фронту забоя на расстояние, достаточное для проезда погрузчика.

Минимальная дальность транспортировки (до 10 м) обеспечивается при работе полуповоротных погрузчиков. Благодаря возможности поворота рабочего оборудования в плане до 90° самосвалы можно устанавливать под различными углами к фронту забоя.

Эффективная работа погрузчиков при погрузке

грунта в самосвалы обеспечивается при следующих соотношениях грузоподъемности, т:

погрузчика	2	3	4...6	10...15
самосвала	7...10	10...12	15...27	27...40

Одноковшовые погрузчики используют по следующим технологическим схемам:

1. Схема «Выемка — транспортировка» наиболее приемлема для разработки грунтов I и II групп, реже — III группы. В этом случае используют основной ковш, хотя на мощных погрузчиках (*L*-34, ТО-21-1А и др.) можно устанавливать и увеличенные ковши. На грунтах III—IV групп в течение непродолжительного времени могут быть применены погрузчики с уменьшенным ковшом, а также основной ковш с неполным его заполнением. Грунт разрабатывают тонкой стружкой экскавационным или комбинированным способом. Данная схема особенно эффективна в транспортном или гидротехническом строительстве (сооружение насыпей и выемок, плотин и дамб).

2. Схема «Выемка — временное складирование — транспортировка» наиболее широко применима при планировке площадок и рекультивации земель, складирование грунта для обратной засыпки и т. д.

3. Схема «Рыхление — выемка — транспортировка» используется после предварительного рыхления грунтов IV—V групп. В этом случае могут быть применены погрузчики грузоподъемностью 3 т (ТО-25А, ТО-18А и др.), оборудованные основным или уменьшенным ковшом.

Степень рыхления грунтов увеличивается при их последующем перелопачивании и складировании экскаваторами или бульдозерами. Поэтому при работе по схеме «Рыхление — временное складирование — выемка — транспортировка» на разработке предварительно разрыхленных грунтов III—V групп используют даже легкие погрузчики грузоподъемностью меньше 2 т (ТО-30 и др.).

С целью определения технической производительности погрузчиков различных типов были проведены хронометражные и тензометрические замеры продолжительности выполнения погрузчиком технологического цикла по отдельным элементам [28]. При разработке грунтов I группы с погрузкой в самосвалы наи-

2.17. Техническая производительность одноковшовых погрузчиков при разработке грунта I группы ($\gamma=1{,}7$ т/м^3, $K_р=1{,}25—1{,}3$)

Показатель	Погрузчик								
	ТО-6А	ТО-30	ТО-25А	ТО-18А	ТО-27	ТО-21-1	UN-050	UNC-151	L-34
Дальность транспортировки, м	40	40	40	20	40	80	35	35	40
Продолжительность, с:									
копания	6	6	7	6	6	8	3	8	6
транспортировки	26	24	30	23	34	31	27	31	31
разгрузки	4	4	3	3	5	10	3	4	5
холостого хода	21	20	22	20	31	23	21	22	29
цикла	57	54	62	52	76	72	54	65	71
Коэффициент наполнения ковша $K_н$	0,7	0,75	1	1,1	1,1	1,1	1	0,9	1,1
Техническая производительность, м^3/ч	38,4	43,5	76	100	125	359	70	68	200

более распространенной является схема с поворотом погрузчиков. При этом средняя дальность транспортировки грунта для строительных погрузчиков составляет 30—40 м (табл. 2.17).

Эксплуатационная производительность погрузчиков $П_э$ существенно зависит от дальности транспортировки грунтов $L_{тр}$; максимальное значение $П_э$ при $L_{тр}$ до 30 м, а при $L_{тр}$=250 м она снижается в среднем в 4 раза.

Для повышения транспортной скорости перед началом работ необходимо спланировать и выровнить площадку, на которой будет работать погрузчик. Это значительно уменьшает потери материала из ковша при транспортировке его к месту выгрузки, повышает износостойкость шин и безопасность движения машины при высокой скорости. Обычно погрузчики транспортируют грунт на расстояние до 150...180 м.

Одним из направлений повышения производительности погрузчиков является совмещение операций рабочего цикла, что позволяет до 1,5...2 раза сократить время цикла.

При разработке влажных, особенно связных грунтов, в котловане или в условиях карьера после завершения разгрузки в ковше может задерживаться до 25 % первоначально набранного грунта, что резко снижает эффективность работы погрузчика. С целью устранения отмеченного недостатка ВНИИСтройдормашем испытан ковш с принудительной разгрузкой, полная очистка которого достигается с помощью подвижной заслонки.

2.4. Разработка грунтов скреперами и бульдозерами

Применение скреперов. Скреперы обычно используют на мягких и плотных грунтах, в районах с непродолжительным зимним периодом. Скреперы широко применяют на земляных работах: снятие растительного слоя и перемещение его в кавальеры; выполнение вскрышных работ в карьерах нерудных строительных материалов; возведение насыпей и выемок различного назначения; выполнение планировочных работ со срезкой возвышенных мест и укладкой грунта в низкие

места; устройство оросительных каналов, водоемов и прудов.

Лучшее наполнение ковша грунтом происходит при движении скрепера под уклон 5...12°. При разработке связных грунтов целесообразно применять в процессе набора грунта трактор-толкач. При этом увеличивается наполнение ковша и сокращается продолжительность набора.

Длина пути набора грунта зависит от характера разрабатываемого грунта, типоразмера скрепера и принятой схемы работы.

Режут грунт и заполняют ковш только при прямолинейном движении тягача и скрепера. Для сокращения времени набора грунта в ковш скрепера и наибольшего его заполнения грунт режут на первой передаче (скорость движения 2,5...3,5 км/ч), применяют удлиненные ножи и зубья, ведут зарезание под уклон, предварительно разрыхляют плотные грунты, устанавливают щеки к ковшу, применяют тракторы-толкачи и регулируют положение заслонки во время резания грунта.

При разработке мягких грунтов (растительного, лесса, мягкого солончака и т. п.) срезается клиновидная стружка — более толстая вначале и более тонкая к концу набора ковша. При разработке сухих песчаных грунтов резание осуществляют стружкой гребенчатого профиля с переменным заглублением ковша и постепенным уменьшением толщины стружки.

При всех способах резания грунт набирают с максимально возможной толщиной стружки (табл. 2.18).

Плотные грунты предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки. Для рыхления слабых гли-

2.18. Рекомендуемая толщина стружки при работе скреперов, м

Вместимость ковша, м³	Мощность, кВт		Грунт			
	тягача	толкача	песок	супесь	суглинок	глина
6	75	60—65	0,2/0,3	0,15/—	0,12/0,2	0,09/0,14
10	100	75	—/0,3	0,2/—	0,18/0,25	0,14/0,18
15	175	75	—/0,35	0,25/—	0,21/0,3	0,16/0,22

Примечание. До черты — без толкача, за чертой — с толкачом.

нистых грунтов применяют рыхлитель с пятью стойками, а суглинистых — с тремя стойками. Для лучшего наполнения ковша сухие грунты увлажняют с помощью поливочных машин до оптимальной влажности, а переувлажненные грунты сушат.

При разработке грунта легкими скреперами следует: производить послойное рыхление плотных грунтов на глубину резания скрепера; не допускать передвижения и набора грунта на уклонах, более указанных в паспорте машины; применять при наборе грунта тракторы-толкачи; применять скреперы с принудительным заполнением; производить разгрузку грунта на насыпи при движении скрепера параллельно продольной оси насыпи; отсыпать грунт в насыпи слоями от откосов к оси продольными полосами; возводить насыпи попеременно на картах, на каждой из которых производят операции по выгрузке, разравниванию, увлажнению (подсушиванию) и уплотнению грунта.

Схемы движения скрепера. В зависимости от размеров земляного сооружения, расположения выемок, насыпей, кавальеров или отвалов при работе скреперов наиболее часто используют следующие схемы их движения: эллиптическая, «восьмерка», спиральная, по зигзагу, челночно-поперечная и челночно-продольная.

Работа «по эллипсу» (рис. 2.16, *а*) и «восьмерке» (рис. 2.16, *б*) применима при возведении насыпей из одно- и двусторонних резервов, при устройстве выемок с укладкой грунта в насыпи, дамбы и кавальеры, при планировочных работах в промышленном и гражданском строительстве. При работе «восьмеркой» за один проход скрепер совершает две операции загрузки ковша и две операции его разгрузки, что сокращает путь холостого пробега и, как следствие, повышает производительность скрепера.

Спиральную схему (рис. 2.16, *в*) используют при возведении широких насыпей из двусторонних резервов или широких выемок высотой или глубиной до 2,5 м. При этом работы ведут без устройства выездов и съездов.

Работу «по зигзагу» (рис. 2.16, *г*) производят при возведении насыпей высотой до 6 м из резервов при длине захватки 200 м и более.

Челночно-поперечная схема (рис. 2.16, *д*) применя-

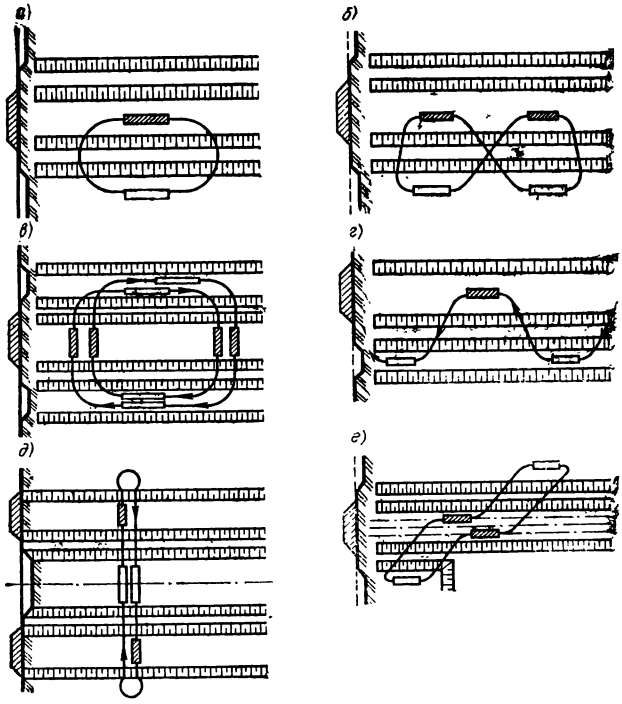


Рис. 2.16. Схемы движения скрепера

а — по эллипсу; *б* — «восьмеркой»; *в* — по спирали; *г* — зигзагом; *д* — по челночно-поперечной схеме; *в* — по челночно-продольной схеме; прямоугольниками показаны участки загрузки; заштрихованными прямоугольниками — участки разгрузки

ется чаще при возведении насыпей и дамб высотой менее 1,5 м при работе из двусторонних резервов или при устройстве каналов и выемок до 1,5 м с укладкой грунта в дамбы или кавальеры. Производительность работы скрепера по зигзагу выше на 15 %, а при челночно-поперечной — на 30 % по сравнению с эллиптической схемой.

Челночно-продольная схема движения скреперов (рис. 1.16, *е*) применяется при возведении насыпей высотой 5...6 м с заложением откосов не круче 1 : 2° с транспортировкой грунта из двусторонних резервов.

Схему движения для каждого конкретного случая следует выбирать с учетом местных условий так, что-

бы пути движения были наименьшими. Наибольшие уклоны землевозных дорог должны составлять для скреперов: в грузовом направлении — при подъеме — 0,12...0,15, а при спуске 0,2...0,25; в порожнем направлении — при подъеме 0,15...0,17, а при спуске 0,25...0,3.

Передовой опыт. В строительстве широко применяют прицепные скреперы ДЗ-20 вместимостью 7 м³, агрегатируемые с тягачами Т-100М и Т-130. Теоретический и технико-экономический анализы эксплуатации этих машин показали, что для снижения приведенных затрат при разработке грунта вместимостью ковша серийных скреперов может быть увеличена до 10...12 м³.

С этой целью Воронежский инженерно-строительный институт разработал конструкции скреперных ковшей увеличенной вместимости с подвижным днищем, заполнение которых не требует увеличения силы тяги трактора.

Длительные испытания показали, что применение ковшей увеличенной вместимости с подвижным днищем обеспечивает увеличение производительности скреперов за счет большего на 2,9...3,8 м³ объема перевозимого за цикл грунта при незначительно меняющейся скорости транспортировки. Производительность скреперов увеличивается в среднем на 30...35 %, а удельные приведенные затраты снижаются на 15...20 %.

Техника безопасности. Перед началом движения скрепера следует убедиться, что путь свободен. При работе на свежеотсыпанной насыпи гусеницы трактора и колеса машины должны быть не ближе 1 м от края насыпи.

После работы машина должна быть заторможена. Оставлять незаторможенной машину запрещается на уклоне или косогоре.

Во время движения скрепера запрещается устранять неисправности машины, регулировать и смазывать ее, входить на машину и сходить с нее.

Скреперы запрещается использовать: при разработке глинистых грунтов в дождливую погоду; при движении на подъем при продольном уклоне свыше 25° и спуске с грунтом при уклоне свыше 30°; при работе на косогорах с поперечным уклоном свыше 30° или крутых откосах.

Машинист скрепера не должен делать резких поворотов агрегата, особенно при работе на косогорах, что зачастую приводит к сползанию трактора; запрещается также поворачивать агрегат с заглубленным ковшом.

Перед началом поворота машинист скрепера должен перейти на низшую передачу (первую или вторую) и только тогда начинать поворот.

При перемещении агрегата своим ходом на другое место работы при расстоянии не более 1 км ковш следует поднять и закрепить его транспортной подвеской к раме скрепера, выключив лебедку или гидропривод. При этом особое внимание необходимо обратить на состояние тормозного устройства, а при движении под уклон следует дополнительно тормозить агрегат двигателя трактора.

Применение бульдозеров. Бульдозеры предназначены для выполнения различных земляных работ: возводят насыпи высотой до 2 м из односторонних или двусторонних резервов (рис. 2.17); разрабатывают грунт в выемках с перемещением его на расстояние 50...150 м; разрабатывают грунт котлованов под фундаменты и траншеи; срезают грунт на косогорах (для нарезки уступов, устройства полувыемок-полунасыпей и т. п.); нарезают кюветы и неглубокие водоотводные канавы; засыпают пазухи, котлованы, траншеи, резервы, ямы и овраги; планируют площадки и т. д. (рис. 2.18).

Рациональная дальность перемещения грунтов бульдозерами зависит в основном от мощности бульдозера: на тракторах ДТ-54 — до 30...50 м, ДТ-75 и Т-100 — до 50...70, Т-130 и Т-180 — до 100, ДЭТ-250М и Т-330 до 150...160 м.

Цикл работы бульдозера состоит из набора, перемещения, разравнивания грунта и обратного хода.

Набор (копание) грунта может производиться следующими способами:

стружкой постоянной толщины. Так разрабатывают все виды грунтов I...III групп при наборе их на подъеме или грунты со значительным сопротивлением копанию;

гребенчатый способ — стружкой переменной толщины, с поперечным заглублением отвала. Так разрабатывают плотные и сухие грунты (C=8...15);

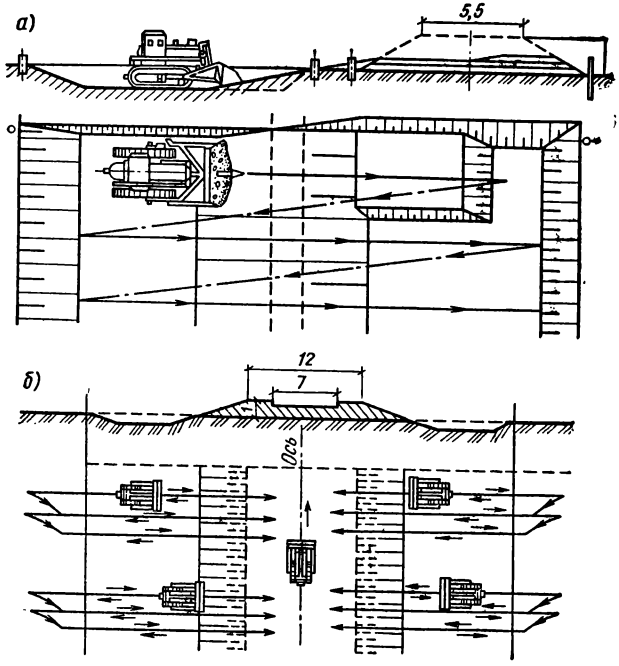


Рис. 2.17. Возведение насыпи бульдозерами

а — из одностороннего резерва; *б* — из двусторонних резервов

клиновой способ — стружкой переменной толщины, переходя от наибольшей стружки к более тонкой. Так разрабатывают обычно грунты с малым сопротивлением копанию ($C=5...6$).

При разработке выемки наиболее производительная работа бульдозера достигается при движении его под уклон 10...15°. Наибольшие уклоны, преодолеваемые бульдозерами классов до 40, от 40 до 100 и от 150 до 250 кН, составляют: при движении вверх соответственно 20, 25...30 и 25°; при спуске с грунтом соответственно 20, 25...35 и 35°; при поперечном уклоне 20, 30 и 30°.

Перемещение грунта из выемки в насыпь рекомендуется производить: при расстоянии перемещения до 50 м — по траншейной схеме без промежуточного вала, а при расстоянии перемещения 50...100 м — с накоплением грунта в промежуточных валах (рис. 2.19).

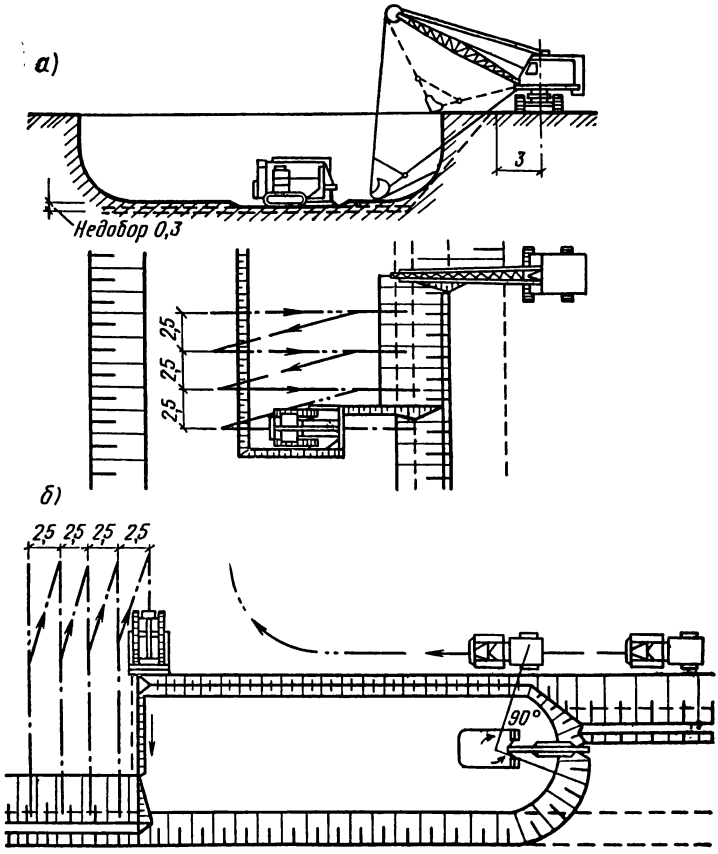


Рис. 2.18. Планировка дна котлована бульдозером

а — перемещение грунта к месту разработки котлована драглайном; *б* — перемещение грунта к месту последующей разработки прямой лопатой

В зависимости от характера возводимого сооружения, взаимного расположения мест разработки и отсыпки грунта и от местных условий используют различные схемы движения бульдозеров. При этом различают три основные схемы разработки и перемещения грунта бульдозерами: прямую, боковую и ступенчатую.

Прямую схему применяют при рытье траншей и выемок, ширина которых незначительно превышает ши-

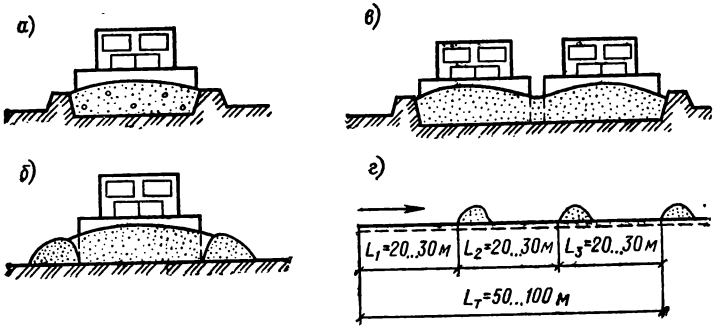


Рис. 2.19. Способы уменьшения потерь грунта при транспортировке бульдозером

а — созданием траншеи; *б* — многократными проходками по одному следу; *в* — спаренной работой бульдозеров; *г* — созданием промежуточных валов

рину отвала бульдозера; при устройстве въездов, когда допускается отсыпка грунта в одно место, при этой схеме бульдозер совершает возвратно-поступательное движение без поворотов, поэтому схему часто называют челночной или маятниковой. При движении вперед бульдозер срезает грунт и транспортирует его к месту отвала (рабочий ход). Затем он задним ходом возвращается к месту начала резания грунта.

Боковую схему работы бульдозера применяют при перемещении ранее разработанного грунта из отвалов или сыпучих материалов (песка, гравия и др.) из бункеров, при разработке легких грунтов, срезаемых толстыми слоями, а также при работе на косогорах. При этом разрабатываемый грунт располагается сбоку от пути, по которому бульдозер транспортирует его к месту отсыпки. Бульдозер захватывает отвалом грунт, делает поворотное движение, перемещает грунт на транспортный путь, затем транспортирует его к месту отсыпки. Работать по этой схеме может только квалифицированный бульдозерист, поскольку при недостаточном опыте управления бульдозером значительная часть грунта может быть потеряна во время поворота бульдозера.

Ступенчатая схема разработки и перемещения грунта применяется в основном при устройстве насыпей, выполнении вскрышных работ и вертикальной

планировке площадей, когда допускается отсыпать разрабатываемый грунт по всей ширине выемки. Работа ведется параллельными проходками. Переместив грунт из одной проходки, бульдозер совершает холостой ход под углом к оси рабочего хода и начинает разработку и перемещение грунта на расположенной рядом проходке (см. рис. 2.17, *а*).

В зависимости от ширины насыпи разработку грунта ведут в одно- и двусторонних (см. рис. 2.17, *б*) боковых резервах. Перед началом работ производят геодезическую разбивку насыпи и боковых резервов, целью которой является наметить ось и границы основания насыпи, границы бермы и резервов. Резервы закладывают преимущественно на нагорной стороне насыпи с поперечным двусторонним уклоном дна 0,02 к середине резерва. Продольный уклон дна резерва должен составлять не менее 0,002 и не более 0,008. Для удобства работы отсыпку насыпи ведут захватками длиной 50...100 м.

Разработку грунта начинают от полевой бровки резерва. Бульдозер двигается на первой скорости, срезает грунт слоями до 30 см и перемещает его в сторону насыпи. При подходе к берме отвал бульдозера постепенно приподнимают, чтобы не срезать грунт на берме. Укладку грунта в тело насыпи производят валиками, размещая их по ширине насыпи. Холостой ход бульдозера в резерв осуществляется на максимальной скорости заднего хода.

От каждой проходки в резерве грунт укладывают в тело насыпи, размещая его по ширине насыпи. Затем бульдозер начинает разработку грунта в следующей проходке. После отсыпки первого слоя насыпи по всей длине захватки бульдозер поднимается на насыпь, перемещается вдоль нее, при этом разравнивает уложенный валиками грунт и уплотняет его гусеницами. Отсыпку последующих слоев насыпи бульдозером производят в той же последовательности. После отсыпки насыпи до заданной высоты бульдозер разравнивает верхний слой грунта, планирует бермы и дно резерва, доводя продольные и поперечные уклоны до проектных отметок.

Отсыпку насыпи высотой 1,5...2 м можно производить без послойного разравнивания насыпанного грунта сразу на полную высоту. При этом рабочая отмет-

ка насыпи должна быть увеличена по сравнению с проектной на 10...15 %, так как насыпь в течение длительного времени будет давать осадку.

Планировку дна котлована и срезку откосов производят бульдозерами после разработки грунта экскаваторами. Если дно котлована является основанием для фундаментов, грунт в зависимости от типа и вместимости ковша экскаватора не добирают на 0,1...0,3 м. Дно котлована зачищают бульдозером, который перемещает грунт к экскаватору (см. рис. 2.18, *б*), а при небольших расстояниях перемещения и глубине котлована удаляет его сам.

При зачистке откосов бульдозерами отвалы грунта располагают преимущественно вдоль нижней бровки зачищаемого откоса. Это позволяет перемещать грунт сверху вниз (крутизна откосов не превышает 1 : 2,5).

Обратная засыпка траншей бульдозером производится грунтом из отвала, расположенного вдоль траншеи. После укладки трубопровода, кабеля или устройства другого сооружения во избежание их повреждения одновременно с двух сторон засыпают вручную на высоту 0,25...0,3 м. Дальнейшую засыпку траншеи производят бульдозером перекрестными поперечными ходами.

Техника безопасности. Машинист бульдозера должен осмотреть место работы. Негабаритные куски грунта, пни и другие предметы необходимо удалить. Около мест подземных сооружений администрация обязана поставить предупредительные знаки. При этом вблизи подземных сооружений разрешается работать только в присутствии мастера или производителя работ.

Разработка грунтов бульдозером вблизи электрокабелей, находящихся под напряжением, запрещается.

При продольном движении по свеженасыпанному грунту не разрешается приближаться к бровке откоса ближе чем на 1 м во избежание сползания бульдозера под откос. Выдвижение ножа бульдозера за бровку откоса при сбросе грунта запрещается.

Перемещение грунта бульдозером на подъеме более 15° или под уклон 30° запрещается.

В темное время суток рабочее место должно быть освещено.

При работе на бульдозере запрещается:

производить во время работы двигателя регулирование, крепление и смазку механизмов;

сходить с площадки управления и входить на нее во время движения;

находиться в пределах призмы обрушения дна раскрепленных котлованов и траншей.

Во время взрывных работ бульдозер необходимо удалить на безопасное расстояние и возвращать на место работы только после сигнала «отбой».

2.5. Уплотнение грунтов

Уплотнение грунтов выполняют при планировке площадок, возведении насыпей, обратной засыпке траншей и пазух фундаментов, устройстве оснований под полы и т. п. Грунты уплотняют слоями одинаковой толщины, для чего отсыпанный грунт разравнивают бульдозерами или грейдерами. Толщина разравниваемых слоев зависит от условий производства работ, вида грунта и должна соответствовать возможностям применяемых уплотняющих машин.

Требуемая степень уплотнения грунтов достигается с наименьшими затратами при оптимальной влажности грунта, поэтому сухие грунты нужно предварительно увлажнять, а переувлажненные — осушать.

Рекомендуемая влажность для грунтов составляет, %: глин — 23...28; тяжелых суглинков — 22...25; средних суглинков — 21...23; легких суглинков и супесей — 15...17; чернозема — 25...35; лессов — 19...21, песков мелких и пылеватых — 8...14.

Искусственное уплотнение грунта повышает модуль деформации и сопротивление грунта сдвигу, благодаря чему повышается устойчивость откосов и насыпей. Уплотненный грунт становится более водонепроницаемым и водоустойчивым.

Послойное уплотнение грунта в насыпных сооружениях и обратных засыпках котлованов и траншей осуществляется:

укаткой — с помощью самоходных, полуприцепных и прицепных катков, транспортных средств (автомобилей и прицепов-землевозов), а также землеройно-транспортных машин (бульдозеров и скреперов);

трамбованием — специальными трамбующими машинами; навесным трамбованием — специальными

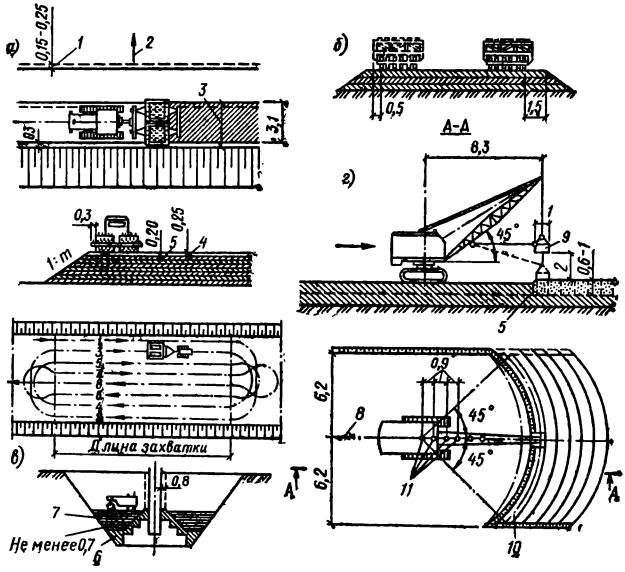


Рис. 2.20. Схемы уплотнения грунтов

а — кулачковыми катками; *б* — пневмоколесным катком; *в* — гладким самоходным катком; *г* — трамбующей плитой, подвешенной к стреле экскаватора Э-652Б; *1* — перекрытие полос; *2* — направление укатки от краев насыпи к ее середине; *3* — ширина укатываемой полосы; *4* — рыхлый слой грунта; *5* — уплотненный слой грунта; *6* — зона уплотнения грунта ручными трамбовками; *7* — слой грунта, уплотняемый катком; *8* — ось проходки экскаватора; *9* — трамбующая плита; *10* — уплотняемая полоса; *11* — место стоянки экскаватора

трамбующими машинами, навесными трамбующими плитами, а также пневматическими трамбовками (для стесненных условий);

вибрированием — подвесными, прицепными и самоходными вибраторами; комбинированным способом — виброкатками-агрегатами.

Основные параметры, характеризующие процесс уплотнения, зависят от свойств грунтов, способов уплотнения и типов применяемых грунтоуплотняющих машин и оборудования.

Для укатки применяют катки статического и вибрационного действия. Катки статического действия предназначены для уплотнения грунтов при возведении отсыпаемых послойно дорожных насыпей, плотин и дамб оросительных сооружений и водохранилищ, при засыпке выемок и т. д.

Глубина уплотняющего воздействия, определяющая толщину отсыпаемого слоя, зависит от массы катка, типа его рабочего органа и числа проходов по одному следу.

Область применения катков по разновидностям грунтов определяется типом рабочего органа. По типу рабочего органа катки статического действия разделяют на катки с кулачковыми, ребристыми, решетчатыми, пневмоколесными и гладкими вальцами. По способу приведения в движение катки бывают прицепные и самоходные.

Связные и комковатые грунты уплотняют кулачковыми катками (рис. 2.20, *а*), которые передают на грунт давление, значительно превосходящее предел его прочности. Такими машинами массой до 5 т уплотняют слой грунта толщиной 10...20 см при восьми — восемнадцати проходках катка по одному следу, а тяжелыми массой 25...30 т слой толщиной 50...65 см при четырех — десяти проходках по одному следу.

Техническая характеристика прицепных катков с кулачковыми вальцами

	ДУ-26 (Д-614)	ДУ-3Б (Д-220Б)
Ширина уплотняемой полосы, м	1,8	2,7
Число смежных вальцов	1	2
Диаметр вальца, мм	1400	2400
Число кулачков	160	180
Высота кулачков, мм	200	400
Толщина укатываемого слоя, м, до	0,2	0,4
Скорость движения, км/ч, до	3	3
Масса катка, т	9 (без балласта)	28 (с балластом)
Тяговый трактор	Т-100 (Т-130)	Т-180
Изготовитель	Кременчугский завод дорожных машин	

При использовании кулачковых и ребристых катков происходит разрыхление верхней части слоя грунта на глубину $^1/_3$...$^1/_2$ высоты кулачка или ребра. Эти катки не применимы для несвязных грунтов из-за большой глубины разрыхления поверхности слоя грунта.

Комковатые связные грунты укатывают вальцами,

поскольку валец разрыхляет комки и одновременно уплотняет слой рыхлого грунта.

Песчаные и глинистые грунты уплотняют катками на пневмоколесном ходу (табл. 2.19) в результате длительного действия нагрузки от сжатия шин (рис. 2.20, *б*).

Пневмоколесные прицепные катки выпускают двух типов: с жестким креплением колесных осей к раме и общим балластным кузовом, а также с балансирным креплением осей к тяговой раме и с секционными ящиками.

У катков с балансирными колесами постоянно обеспечивается контакт всех колес с неровной поверхностью укатки и все колеса передают на грунт заданную нагрузку, обусловленную балластом. Катки с жестким креплением колес этими качествами не обладают.

Катками на пневмоколесном ходу средней массы (до 10 т) уплотняют слои толщиной 10...25 см при двух — десяти проходках катка по одному следу, катками большой массы (до 45 т) — слои толщиной 25...50 см при том же количестве проходок по одному следу.

Кулачковыми катками и катками на пневмоколесном ходу уплотнение производят путем последовательных замкнутых проходок катка по всей площади насыпи с перекрытием каждой проходкой предыдущей на 0,15...0,25 м (см. рис. 2.20, *а*). Закончив укатку всей площади, процесс повторяют столько раз, сколько требуется для достижения проектной плотности грунта.

Катками с гладкими металлическими вальцами уплотняют связные грунты слоем до 15 см и песчано-гравелистые смеси при толщине отсыпаемого слоя от 5 до 15 см. Применение таких катков целесообразно, когда верхний слой насыпи является основанием фундаментов или подъездных путей, а также при засыпке верхней части пазух в стесненных условиях (см. рис. 2.20, *в*). Нижние слои пазухи толщиной 15... 20 см вокруг фундамента уплотняют пневматическими или электрическими трамбовками.

Вибрационные катки (табл. 2.20) предназначены для уплотнения несвязных отсыпанных грунтов и вы-

2.19. Техническая характеристика применяемых пневмоколесных катков

Показатель	ДУ-30 (Д-625)	ДУ-4 (Д-263)	ДУ-39 (Д-703)	ДУ-16 (Д-551)	ДУ-16Б (Д-551Б)
Тип катка	Секционный	С жесткой подвеской	Секционный	С жесткой подвеской	
Ширина уплотняемой полосы, м	2,2	2,5	2,64	2,8	
Толщина уплотняемого слоя, м, не более	0,25	0,4	0,4	0,45	
Число колесных секций	5	—	5	—	
Число колес	5	6	5	4	
Давление воздуха в шинах, МПа	0,56	0,56	0,4	0,2...0,425	
Скорость движения, км/ч	До 3	5...25	До 5	До 25	
Масса катка, т	12,5	25	25	25	
Тягач	Гусеничный Т-100	Колесный К-700	Гусеничный Т-180	Одноосный	
				МАЗ-529Е	МОаЗ-546П
Изготовитель	Кременчугский ордена Трудового Красного Знамени завод дорожных машин	Бердянский ордена Октябрьской Революции завод дорожных машин		Коростенский завод дорожных машин «Октябрьская кузница»	

2.20. Техническая характеристика отечественных виброкатков с гладкими вальцами

Виброкаток	Характеристика	Масса, т	Тип двигателя	Параметры уплотнения грунтов, см		Номинальная длина уплотняемой полосы, м	Скорость перемещения, км/ч	Ориентировочная производительность, м³/смену, в грунтах		Завод-изготовитель
				толщина слоя	ширина полосы			связных	несвязных	
ДУ-14 (Д-480)	Прицепной одновальцовый	3	Д-37М, 30 кВт (к трактору ДТ-54-А)	50...80	140	100	0,5...3	560	750	Рыбинский дорожных машин
ДУ-10А (Д-455А)	Самоходный двухвальцовый	1,7/1,48	УД-25, 6 кВт	15...20	85	50	1,5...2,46	200	270	Калининградский «Стройдормаш»
ДУ-25А (Д-613А)	То же	4,3/3,6	Д-21, 15 кВт	20...30	100	50	1,8...6,6	380	500	Рыбинский дорожных машин
ДУ-36 (Д-684)	Самоходный одновальцовый	0,68/0,52	УДС-25С, 6 кВт	10...15	66	50	1,4...2,8	85	125	Калининградский «Стройдормаш»

пускаются в самоходном и в прицепном исполнении с гладкими вальцами.

Рабочим органом виброкатка является гладкий валец, внутри которого смонтирован вал с дебалансами — возбудителями вибраций. Валец размещается внутри прямоугольной рамы, оснащенной дышлом со сцепным устройством. На задней поперечине рамы установлен двигатель, приводящий вал дебалансов с помощью гибкой (обычно клиноременной) передачи.

Для уравновешивания двигателя на передней части рамы крепится противовес. Снизу на поперечинах рамы смонтированы подпружиненные скребки, очищающие вальцы от грунта. Для защиты рамы и двигателя от вибраций к боковым балкам рамы с помощью резинометаллических амортизаторов крепятся корпуса подшипников вальца и вала дебалансов. Решением СЭВ серийное производство прицепных виброкатков и поставка их странам социалистического содружества поручены ГДР.

Трамбующие машины и оборудование служат для уплотнения связных и глинистых грунтов, отсыпаемых слоями толщиной до 1...1,5 м. Несвязные песчаные грунты, как правило, не трамбуют, так как вблизи от места удара грунт разуплотняется.

В строительстве используют трамбующие плиты на одноковшовых экскаваторах и кранах и трамбующие машины непрерывного действия.

Трамбующие плиты, навешиваемые на канат экскаватора-драглайна (см. рис. 2.20, *г*), применяют обычно для уплотнения грунтов в местах с узким фронтом работ, недоступных для уплотняющих машин других типов.

Трамбующими плитами массой 2...7 т и более, подвешенными к экскаваторам или кранам, уплотняют песчаные и глинистые грунты с количеством ударов 1...5. Недостатком этого способа является повышенная изнашиваемость крана или экскаватора, а также сравнительно невысокая их производительность, что ограничивает применение этого способа.

Трамбующие машины выпускаются в двух модификациях — ДУ-12Б и ДУ-12В для агрегатирования с гусеничными тракторами Т-100М и Т-130.

Рабочим органом машины служат две плиты, подвешенные рядом на подъемных канатах сзади трак-

тора. Плиты поочередно поднимаются канатами и свободно падают на поверхность грунта, осуществляя его трамбование на полосе, равной по ширине захвату обеих плит.

Во время работы трактор движется с замедленной ходоуменьшителем скоростью, которая выбирается соответственно необходимому числу ударов плит по одному месту. При транспортных передвижениях машины плиты поднимаются в верхнее положение, где удерживаются крюками. При работе крюки переводят в нерабочее положение с помощью механизма, управлямого из кабины водителя.

Техническая характеристика трамбующей машины ДУ-12

	ДУ-12Б	ДУ-21В
Базовый трактор	Т-100М	Т-130
Число плит	2	
Масса плиты, т	1,3	
Размер плиты в плане, мм	1000×1000	
Высота падения плит, м	1,3	
Ширина захвата плит, м	2,5	
Частота ударов, мин$^{-1}$	2×16	
Число ударов по одному месту	3...6	
Энергия одного удара, Дж	14 300	
Поступательная рабочая скорость, м/ч	80...200	
Глубина уплотнения, м	До 1,2	
Масса, т:		
машины с трактором	18	
навесного оборудования	1,3	
Изготовитель	Рыбинский завод дорожных машин	

Уплотнение грунтов в насыпях. В основе технологии укладки и уплотнения связных грунтов лежит разбивка насыпи на карты — участки небольшой длины, на которых последовательно производят операции по разгрузке грунта, его разравниванию и уплотнению.

Число участков, одновременно используемых для укладки грунта, зависит от объема работ, наличия оборудования, сезона производства работ и может изменяться в пределах 4—2. В летнее время наибольшая производительность достигается при работе на 4 участка, в зимнее время — не более двух.

Размеры карт определяют конкретными условиями производства и применяемыми механизмами, однако их длина должна быть не менее 200 м.

Рекомендуются следующие размеры участков: для кулачковых катков 250...300 м; для катков на пневматических шинах — 200 м; для виброкатков — 200... 250 м; для виброуплотняющих и трамбующих машин при уплотнении лессовых, просадочных и гравелистых грунтов не менее 50 м.

Ширину насыпи, как и ширину участков, принимают из условий безопасного ведения работ уплотняющей машиной, которая должна находиться от бровки насыпи на расстоянии, предотвращающем ее сползание на откос.

Для уменьшения избыточной влажности следует перед уплотнением послойно подсушивать грунт в естественных условиях. Для ускорения этого процесса грунт на участке необходимо разрыхлять боронованием или перепахиванием. При толщине слоя грунта в рыхлом состоянии 30...40 см подсушивания в условиях летней жаркой погоды требуется не менее 2...3 сут.

При недостатке воды и отсутствии возможности поливать уплотняемый грунт для создания оптимальных условий производства работ отсыпку и разравнивание грунта следует производить в максимально короткий срок, не допуская его высыхания. Толщину слоев грунта принимают согласно табл. 2.21.

При уплотнении слоя рыхлого грунта, отсыпанного, например, драглайном или грейдер-элеватором, следует производить сначала укатку катком легкого типа без загрузки его балластом. Эта операция не требуется при отсыпке слоев грунта самосвалами, скреперами или тракторными тележками. В этом случае грунт уплотняется до требуемой нормы плотности грунтоуплотняющими машинами.

При вертикальной планировке больших площадей и на насыпях, где возможны повороты катка, рекомендуется применять схему движения катков по замкнутому кругу. На насыпях, где невозможен поворот катка, следует применять челночную схему движения, когда трактор в конце участка отцепляется от катка и присоединяется к нему с другой стороны.

При укатке прицепными катками первый и второй ход катка выполняют на расстоянии 2...2,5 м от бровки насыпи, а затем смещением ходов на $^1/_3$...$^1/_4$ ширины катка в сторону бровки уплотняют края насы-

2.21. Оптимальная толщина уплотняемого слоя грунта, см

Машина	Масса, т	Коэффициент уплотнения для грунта			
		связного		несвязного	
		0,95	0,98	0,95	0,98
Катки:					
прицепные	10	15...20	10...15	20...25	15...20
полуприцепные	25	30...35	25...30	35...40	25...30
на пневматических шинах	40	40...45	30...35	45...50	35...40
	100	70...80	45...60	90...100	70...80
кулачковые	9,18	20...25	15...20	—	—
	25	35...40	25...30	40...50	35...40
вибрационные	3	—	—	40...50	25...30
	6...8	—	—	60...70	35...40
	10...12	—	—	80...100	40...50
Трамбующие плиты	2...3	80...90	50...60	100...110	70...80
	12...15	250...300	150...200	300...320	200...220
Виброуплотняющие плиты	0,12...0,15	—	—	20...30	10...15
	0,75	—	—	35...40	20...25

пи. После этого укатку продолжают круговыми проходками от края к середине насыпи с перекрытием каждого прохода на $^1/_3$...$^1/_4$ ширины катка.

Для равномерного уплотнения грунта давление воздуха в шинах катка должно быть одинаковым (проверять манометром). Рекомендуемое давление в шинах катков на пневмоколесном ходу: для песков 200 кПа, супесей 300...400, суглинков и глин — 500... 600 кПа. При этом число проходов катка по одной полосе обычно принимают: для песчаных грунтов 2... 3, для супесчаных 3...4 и для суглинистых и глинистых 5...6.

Уплотнние грунтов укаткой следует производить при рациональном скоростном режиме работы катков. Скорости движения катка различны, причем первый и два последних совершаются на малых скоростях (2...2,5 км/ч), а все промежуточные ходы — на больших, но не превышающих 8...10 км/ч. При рациональном скоростном режиме работы катка производительность его увеличивается примерно вдвое, а общая стоимость работ снижается на 50 % [8].

При возведении насыпи из резерва драглайном работы следует выполнять на двух смежных захватках: на одной из захваток отсыпаемый слой грунта разравнивается бульдозером, а на другой — уплотняется грунтоуплотняющими машинами. При уменьшении толщины отсыпаемого слоя от 1 до 0,3 производительность драглайна уменьшается на 11 %.

При возведении насыпи из резервов бульдозерами работы следует производить также попеременно на двух смежных участках.

Для уплотнения песчаных оснований под фундаменты и повышения несущей способности грунтов под различными инженерными сооружениями применяют гидровибрационный метод. Он основан на использовании вибрации, передаваемой грунту от гидровибратора, с одновременным увлажнением уплотняемого грунта.

К гидровибратору, подвешенному к стреле крана, подводят два шланга: для подачи воды в нижнее и верхнее сопло. Гидровибратор извлекают из грунта с остановками через каждые 30...40 см при непрерывной подаче воды в верхнее сопло. Глубина погружения гидровибратора определяется необходимой глуби-

ной уплотнения грунта. Скорость погружения зависит от давления и количества подаваемой воды, массы гидровибратора, плотности и гранулометрического состава грунта и принимается в среднем 1...2 м/мин. При уплотнении с увлажнением водой грунт оседает, а вокруг гидровибратора в радиусе 0,4...1 м образуется воронка, которую необходимо засыпать песком.

На слабых водонасыщенных грунтах во многих случаях целесообразно применять предпостроечное уплотнение таких грунтов временной нагрузкой с использованием вертикальных дрен (песчаных, бумажных и др.).

2.6. Контроль качества земляных работ

При производстве и приемке земляных работ должны соблюдаться требования СНиПа и ППР.

Приемка траншей и котлованов должна состоять в проверке соответствия их расположения, размеров, отметок, уклонов, траншей, качества грунтов основания проектным данным, а также в проверке правильности устройства и состояния креплений.

Дно траншеи перед укладкой в нее трубопровода должно быть подготовлено в соответствии с требованиями проекта и приниматься по акту представителем заказчика. Отклонение отметок дна котлована от проектных допускается после доработки не более ±5 см.

В акт приемки должны быть зафиксированы геологические и гидрогеологические условия выработки, а также их отклонения от принятых в проекте. Приемке с составлением акта скрытых работ подлежат основания под фундаменты и трубопроводы в котлованах и траншеях.

Приемка работ по планировке площадки должна состоять в установлении соответствия проектным данным отметок и уклонов спланированной поверхности, степени уплотнения грунта, а также в проверке отсутствия переувлажненных участков и местных просадок грунта.

Отклонения от проекта вертикальной планировки не должно превышать следующих величин:

по уклонам спланированной территории ±0,001,

а по уклонам водоотводных канав ±0,0005 (проверка нивелированием через 50 м);

по толщине снятия плодородного слоя ±10% (проверка промерами на 1000 м³);

от проектного продольного уклона дна траншеи ±0,0005 (проверка нивелированием).

Данные контроля качества уплотнения грунта должны быть зафиксированы в акте сдачи-приемки.

При производстве работ по обратной засыпке контролируют:

ровность основания котлованов, его чистоту;

толщину отсыпаемых слоев грунта нивелированием или погружением в него щупа и плотность скелета грунта в уплотненном слое — методом режущих колец;

промерзание основания в зимнее время, наличие снега и льда в основании траншеи и котлована не допускается.

Контроль качества уплотнения грунта производится путем отбора проб после укладки и уплотнения каждых 200 м³. Расстояние от строительных конструкций до места взятия пробы должно быть не менее 0,3 м.

При уплотнении грунта до коэффициента плотности $K>0{,}95$ пробы берут в каждом уплотненном слое на двух горизонтах (верхнем и нижнем), при $K<0{,}95$ — через два слоя на двух горизонтах. Число проб в каждом горизонте должно быть не менее трех. Качество уплотнения оценивается по средневзвешенному значению плотности скелета грунта отобранных проб.

Очень часто крупные гидротехнические, промышленные и жилые здания строят на просадочных лессовых грунтах, в районах частых землетрясений, на подрабатываемых территориях, на насыпных, намывных, набухающих и вечномерзлых грунтах, в оползневых районах, плывунах и других неустойчивых и слабых основаниях, где особенно важен оперативный контроль грунтовых оснований и их соответствие проектному заданию.

Длительное время основными методами контроля качества земляных работ и сооружений были лабораторные методы, основанные на отборе и анализе проб грунта. Однако эти методы неоперативны,

поскольку только на сушку образцов грунта для определения влажности затрачивается около 5—7 ч. Кроме того, лабораторным методом не удается оперативно контролировать свойства крупнообломочных (щебень, доменный шлак и др.) и водонасыщенных грунтов, получивших широкое распространение в промышленном, гидротехническом и мелиоративном строительстве.

Поэтому в последнее время в нашей стране и за рубежом получили распространение ускоренные полевые методы исследования грунтов, основанные на использовании проникающих излучений радиоактивных изотопов. Значительный вклад в разработку радиоизотопных методов контроля строительных свойств грунтов внесли работы ВНИИгидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, НИИоснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова, ВСЕГИНГЕО, Ворошиловградского филиала НИИСП Госстроя УССР и других организаций.

Все радиоизотопные методы контроля свойств грунтов основаны на зависимости степени рассеяния или ослабления ионизирующих излучений в грунте от физических свойств грунта [18].

Радиоизотопный прибор состоит из источника ионизирующего излучения, детектора, преобразующего поток излучения в электрические сигналы, и электронного устройства, в котором сигналы от детектора преобразуются в показания стрелочного или цифрового прибора.

Образуемый источником первичный поток излучения проникает в грунт, рассеивается и ослабляется в нем. В результате поток излучения на выходе из грунта (вторичный поток) будет зависеть от физических свойств грунта. По разнице первичного и вторичного потоков излучения можно судить о свойствах грунта.

Для измерения плотности грунта используют приборы: глубинный гамма-плотномер ГГП-2, поверхностные гамма-плотномеры ПГП-2, «Технолог-К», для измерения влажности — нейтронный измеритель влажности НИВ-2, а также радиоизотопные плотномеры и влагомеры: поверхностно-глубинные ППГР-1, ВПГР-1 и глубинные РПГ-36 и РВГ-36.

В комплект глубинного гамма-плотномера ГГП-2

входят: измерительный зонд, контрольно-транспортное устройство (КТУ), пересчетное устройство ПМ-2, секундомер, планшет с градуированным графиком, алюминиевые обсадные трубы и комплект запасных частей.

Прибор предназначен для измерения плотности грунта по скважинам на глубину до 6 м. После бурения скважины ее обсаживают алюминиевой трубой; на верхний конец трубы помещают КТУ.

Для измерения плотности грунта зонд с помощью мерного кабеля опускают на требуемую глубину и закрепляют фиксатором. В этом положении производят измерение количества импульсов (электромеханическим счетчиком в ПМ-2), возникающих в детекторах под действием рассеянного в грунте гамма-излучения от основного источника.

Радиоизотопный метод контроля плотности отсыпаемых грунтов (с применением гамма-плотномеров и нейтронных влагомеров) является высокооперативным методом контроля, и его целесообразно применять при большой интенсивности работ по послойному уплотнению грунтов, где традиционные методы контроля могут вызвать вынужденную задержку земляных работ по отсыпке и уплотнению следующего слоя грунта.

2.7. Понижение уровня грунтовых вод при устройстве выемок

В сложных гидрогеологических условиях при воздействии подземных частей зданий и сооружений важнейшим мероприятием является осушение грунтов. Особенно большую значимость приобретает оно при строительстве на слабых водонасыщенных илистых и глинистых рунтах.

Метод искусственного понижения уровня грунтовых вод в строительстве известен давно. Впервые в 90-х годах прошлого столетия его применили при постройке водозаборного колодца в Москве. Широкое применение этот метод получил при строительстве метрополитенов, ряда каналов, гидроэлектростанций и крупных промышленных объектов.

В настоящее время для обезвоживания грунтов применяют открытый водоотлив, легкие иглофильтро-

вые установки, эжекторные иглофильтры, водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами. Для усиления эффективности осушения слабопроницаемых грунтов применяются способы вакуумирования и электроосушения.

Применение того или иного способа определяется прежде всего проницаемостью водосодержащих грунтов мощностью водоносного горизонта, его гидравлическими особенностями и требуемой глубиной понижения уровня грунтовых вод. В наиболее сложных геологических условиях, например при чередовании пластов различной водонепроницаемости, может осуществляться сочетание открытого водоотлива с одним из способов водопонижения.

Открытый водоотлив является наиболее простым и экономичным способом, который применяется в разных грунтах, в особенности в песках, гравии, галечнике и других, имеющих коэффициент фильтрации 75... 200 м/сут и более.

Грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные канавы и по ним в приямки, откуда ее откачивают насосами. Основными элементами открытого водоотлива являются водосборная канава, зумпф (приямок), насос для откачки воды и сбросной трубопровод.

При осушении выемок, разрабатываемых в однородных грунтах, водосборную канаву и зумпф устраивают на дне котлована или траншеи, производят их углубление по мере разработки. Обычно канаву и зумпф располагают у основания откоса выемки. Стенки зумпфа крепят шпунтом или деревянными ящиками без дна размером 1×1 м; на дно зумпфа насыпают фильтрующий материал (щебень или гравий).

При устройстве котлована в песчаных грунтах открытый водоотлив следует сочетать с глубинным водопонижением, поскольку при разработке котлована без средств водопонижения происходит оплывание откосов и нарушается плотность грунтов в основании сооружения. Если же котлован сооружают в песках и супесях только при открытом водоотливе, следует предохранять откосы и дно от оплывания и разрыхления фильтрационными потоками. В этих целях устра-

ивают шпунтовые ограждения, дренажные пригрузки по основанию откоса и т. п.

Для открытого водоотлива применяют центробежные и диафрагмовые насосы. Каждая насосная установка открытого водоотлива должна быть оборудована резервными насосами.

Для объектов, где прекращение откачки воды может нарушить безопасное производство работ, следует предусматривать два независимых источника электроснабжения водопонизительной системы.

Необходимо обращать внимание на непрерывность открытого водоотлива. Зачастую насосы работают с той же сменностью, что и ведутся строительные работы, т. е. в ночное время насосы не работают и вода накапливается в котловане, а в утреннюю смену производится интенсивная откачка. Такой режим работы водоотлива приводит к разжижению грунтов, которые потом приходится удалять, заменяя их щебнем или бетоном, что приводит к излишним затратам.

Несмотря на простоту и экономичность, способ открытого водоотлива имеет ограниченное применение вследствие того, что в выемке практически почти всегда присутствует вода, усложняющая производство работ и способствующая нарушению естественной структуры основания. Поэтому во многих случаях приходится прибегать к искусственному понижению уровня грунтовых вод (УГВ).

Водопонижение производится легкими иглофильтровыми установками (ЛИУ), эжекторными иглофильтровыми установками (ЭИУ), вакуумным и электроосмотическим способами, а также с использованием грунтовых колодцев различных конструкций и скважин.

Водопонижение может осуществляться по различным схемам расположения водопонизительных установок: линейным, кольцевым, площадным, одно- и многоярусным и др. Наиболее широкое распространение при осущении котлованов получила контурная схема водопонизительных установок.

Легкие иглофильтровые установки применяют для искусственного понижения уровня грунтовых вод на глубину 4...5 м в песчаных отложениях. При понижении уровня воды на большую глубину используют двух-трехъярусные установки. ЛИУ отличаются мо-

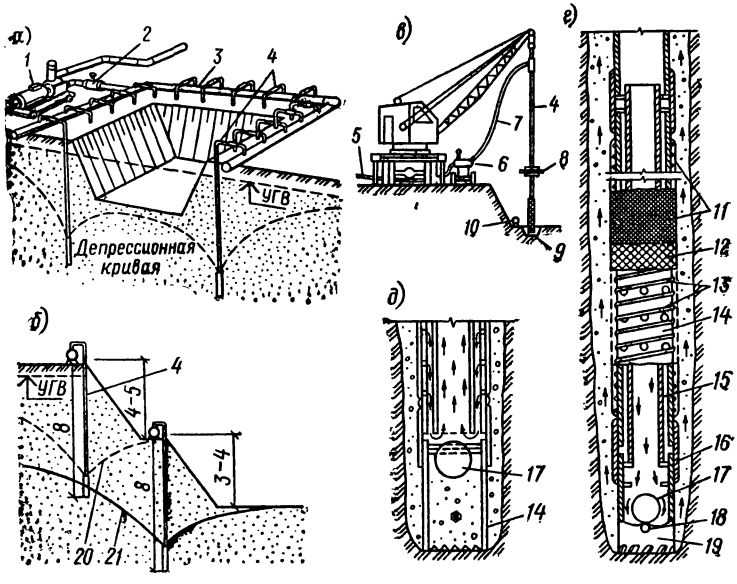


Рис. 2.21. Понижение уровня грунтовых вод легкими иглофильтровыми установками

а — котлован с иглофильтрами, установленными в один ярус; *б* — установка иглофильтров в два яруса; *в* — гидравлическое погружение иглофильтра; *г* — фильтровое звено и схема работы клапанов при гидравлическом погружении иглофильтра; *д* — то же, при откачке воды; *1* — центробежный насос; *2* — задвижка; *3* — коллектор; *4* — иглофильтры; *5* — подводящий трубопровод; *6* — насос; *7* — напорный рукав; *8* — хомут для ручного регулирования; *9* — приямок; *10* — всасывающий коллектор; *11* — фильтровая сетка; *12* — защитная сетка; *13* — стальная спиральная обмотка; *14* — наружная труба с отверстиями; *15* — внутренняя труба; *16* — кольцевой клапан; *17* — шаровой клапан; *18* — стопорный болт; *19* — наконечник; *20* — кривая депрессии при откачке воды из первого яруса; *21* — то же, при откачке второго яруса

бильностью, возможностью быстро погружать иглофильтры в грунт в собранном виде, простотой и надежностью в эксплуатации. В комплект ЛИУ входят: иглофильтры (до 100 шт.), водосборный коллектор диаметром 150 мм и для обеспечения бесперебойной работы установки — два центробежных насоса, один из которых резервный (рис. 2.21, *а*).

Иглофильтр представляет собой трубу диаметром 38 мм, длиной до 8,5 м, к нижнему концу которой присоединено фильтровое звено (рис. 2.21, *г*), состоящее из двух труб: внутренней, являющейся продолжением общей трубы диаметром 38 мм, и наружной, диамет-

ром 60 мм с равномерно распределенными отверстиями для пропуска воды. Наружная труба по спирали обмотана проволокой диаметром 3 мм и покрыта фильтровой и защитной сетками. Фильтровальное звено заканчивается наконечником, внутри которого размещены шаровой и кольцевой клапаны.

Иглофильтры чаще всего погружают в грунт гидравлическим способом (рис. 2.21, *в*). Вода, нагнетаемая по внутренней трубе под давлением до 0,3 МПа, отталкивает шаровой клапан (кольцевой клапан в это время поднимается и закрывает зазор между наружной и внутренней трубами) и, выйдя из наконечника, размывает грунт вокруг иглофильтра, вынося его частицы на поверхность (рис. 2.21, *г*). При покачивании и поворотах иглофильтр легко погружается под действием собственного веса.

В более плотных грунтах, слабо отдающих воду (с коэффициентом фильтрации менее 1,5 м³/сут), иглофильтры устанавливают в предварительно пробуренные скважины.

При откачке воды (рис. 2.21, *д*) под влиянием вакуума шаровой клапан всплывает, а кольцевой опускается, открывая путь грунтовой воде, которая поступает через фильтрационную сетку и отверстия в наружной трубе в иглофильтр и затем в коллектор.

Иглофильтры обычно устанавливают по периметру осушаемого котлована (рис. 2.21, *а*) на расстоянии 0,5 м от бровки откоса. Если нужно понизить уровень грунтовых вод более чем на 4—5 м, иглофильтры монтируют в два яруса (рис. 2.21, *б*).

Установки ЛИУ-2, ЛИУ-3, ЛИУ-5 и ПВУ-2 имеют производительность соответственно 30, 60, 120 и 400 м³ воды в 1 ч.

Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИУ) используют для понижения уровня грунтовых вод на 15...20 м, в грунтах с коэффициентом фильтрации 1... 40 м³/сут и при близком залегании водоупора от дна котлована. Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИ-2,5, ЭИ-4, ЭИ-6 и др.) состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками, распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоподъемники, помещенные внутри иглофильтров, приводятся в действие струей воды, нагнетаемой в них насосом через коллектор.

Применяют схемы эжекторной установки с циркуляционным резервуаром и без него.

Артезианские турбинные и глубинные насосы погружного типа применяют при сооружении глубоких котлованов и больших притоках грунтовых вод. Для откачки воды из вертикальных скважин с трубами обсадной колонны диаметром не менее 200 мм применяют артезианские турбинные насосы типа АТН (АТН-8, АТН-10 и др.). Производительность насосов 30...200 м^3/ч, а высота подъема 30...115 м.

В настоящее время для водопонижения применяют глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем). Эти насосы имеют ряд преимуществ перед насосами типа АТН — отсутствует длинный приводной вал от двигателя к насосу, более компактны и имеют меньший вес, просты в эксплуатации и т. п. Погружные высоконапорные насосы типа АПВ предназначены в основном для водоснабжения, но применяются и для водопонижения. Производительность насосов типа АПВ обычно 8...40 м^3/ч, а высота подъема 80...160 м. Недостатком погружных насосов при водопонижении является быстрый их выход из строя при содержании в воде до 0,05 % твердых частиц

Вакуумные водопонизительные установки (УВВ) впервые были применены в 30-х годах на строительстве каналов. Область наиболее целесообразного применения вакуумного водопонижения ограничена грунтами с малыми коэффициентами фильтрации от 2... 3 до 0,01 м/сут, а при осушении обводненных песков до 10 м/сут.

Понижение между рядами двухрядной легкой иглофильтровой установки вакуумного водопонижения оказывается в 1,5...2 раза больше понижения, создаваемого такой же установкой обычного типа. Вакуумное водопонижение приводит к существенному повышению несущей способности осушаемых грунтов.

Электроосмотическое водопонижение базируется на действии электрического тока на влажные грунты. Обычно для электроосмотического водопонижения используют легкие иглофильтровые установки в сочетании с электродами из трубок диаметром 38 мм или стержней, между которыми пропускается постоянный электрический ток. Иглофильтры подключают к его

отрицательному полюсу, и они становятся катодом. Трубки или стержни используют в качестве анодов и забивают их в грунт со стороны котлована на расстоянии 0,8 м от ряда иглофильтров и параллельно ему. Под действием постоянного электрического тока вода, содержащаяся в порах грунта, перемещается в сторону иглофильтров. При этом коэффициент фильтрации увеличивается в 5—25 раз.

Впервые электроосмос в нашей стране был применен в 1950 г. в сочетании с иглофильтровой установкой на строительстве Цимлянского гидроузла. Затем он стал широко применяться на различных стройках, возводимых на грунтах, имеющих малую водоотдачу (при коэффициенте фильтрации менее 1 м/сут).

Глава 3
Разработка мерзлых и прочных грунтов

3.1. Общие сведения

Доля мерзлого грунта в СССР составляет около 7,3 % (экспертная оценка) общего объема земляных работ, а в зимние месяцы доходит до 20...40 %. Увеличиваются объемы работ в вечномерзлых грунтах на северо-востоке страны. Плотные вечномерзлые грунты в зимнее время не поддаются разработке механическими средствами рыхления, поэтому их взрывают и разрабатывают экскаваторами с ковшами вместимостью не менее 1,25...2,5 м^3 с погрузкой в самосвалы грузоподъемностью 12,5...14 т. При этом во избежание повторного смерзания взорванного вечномерзлого грунта объем его не должен превышать сменную производительность погрузочной техники в 3...4 раза летом и в 5...6 раз зимой. Подготовка мерзлых грунтов к разработке отнимает 8...9 % общих затрат труда на земляных работах.

В условиях средней полосы СССР для успешной разработки грунтов в зимнее время и подготовки мерз-

лого слоя к эксплуатации применяют следующие основные способы:

экскаваторную разработку (специальным сменным рабочим оборудованием);

механические (динамическими и статистическими рыхлителями, блочный способ);

взрывные способы рыхления (шпуровой, щелевой), в том числе с укрытиями и локализаторами взрыва;

оттаивание (поверхностное, радиальное и глубинное);

предохранение грунтов от промерзания.

Каждый из указанных способов может быть применен при устройстве котлованов, траншей и вертикальной планировки, за исключением оттаивания, который вследствие большой стоимости может быть использован только при небольших объемах земляных работ.

Применение указанных способов разработки мерзлых грунтов зависит от глубины промерзания грунтов, их физико-механических свойств, схем производства работ, наличия техники в строительных организациях и других факторов.

Земляные работы в скальных и полускальных грунтах, в грунтах с крупноблочными и валунными включениями, а также разрушение валунов и негабаритов являются очень трудоемкими, дорогостоящими и вместе с тем недостаточно изученными технологическими процессами. Здесь так же, как и при разработке мерзлых грунтов, появляется дополнительная операция технологического цикла — подготовка грунта к разработке.

Опыт показывает, что уже наличие 5...7 % каменистых включений в общем объеме грунта в значительной степени затрудняет работу землеройных машин, а при бóльшем количестве включений и большой прочности скальных грунтов — разработка их практически невозможна при традиционных машинах и технологии. В связи с этим для разработки прочных грунтов применяется специальное рабочее оборудование, навешиваемое на традиционные машины (экскаваторы, тракторы и др.), как и при разработке мерзлых грунтов, а также взрывной и специальные методы разработки (термический, электрогидравлический и др.).

3.2. Разработка мерзлых и прочных грунтов экскаваторами и погрузчиками

Разработку грунтов, в особенности мерзлых и прочных, рекомендуется производить технологическими комплектами, где в качестве ведущих используют новые средства механизации: гидравлические одноковшовые экскаваторы со сменным рабочим оборудованием, в том числе с гидромолотами и захватно-клещевыми рабочими органами, траншейные роторные (ЭТР) и цепные (ЭТЦ) экскаваторы, рыхлители на тракторах (табл. 3.1).

Технология производства земляных работ с применением новых машин заключается в следующем:

комплексное выполнение всех операций, включая доводку сооружений до проектных параметров без при-

3.1. Средства механизации, рекомендуемые для разработки котлованов и траншей

Технологические процессы	Ведущие машины
Разработка котлованов в грунтах I—IV групп	Экскаваторы ЭО-5122; ЭО-4121А; ЭО-4321 и ЭО-3121А (Э-5015А) с зачистным устройством, ЭО-3322В
Разработка котлованов в мерзлых грунтах Iм—IIIм групп	Рыхлители ДП-22С на Т-180, ДП-9С-1 на ДЭТ-250 и ДЗ-94С на Т-330; экскаватор ЭО-4121А с гидромолотом; экскаваторы ЭО-5122 и ЭО-4121А с захватно-клещевыми рабочими органами
Разработка котлованов в грунтах I—IV групп со скальными и валунными включениями	Экскаваторы ЭО-5122; ЭО-4121А с молотами СП-62, ЭО-3322Б с молотами СП-71, ЭО-4321 и ЭО-3121А (Э-5015А) с молотами ГПМ-300, ЭО-2621А с молотами ГПМ-120; экскаваторы ЭО-5122 и ЭО-4121А с захватно-клещевыми рабочими органами
Разработка траншей в грунтах I—IV групп	Экскаваторы ЭО-3322В; ЭО-4121А и ЭО-3121А (Э-5015А) с зачистным устройством, ЭТР-204; ЭТР-223 и ЭТР-253А, ЭТЦ-252
Разработка траншей в мерзлых грунтах Iм—IIIм групп	Экскаваторы ЭТЦ-165, ЭТЦ-252, ЭТР-134, экскаваторы ЭО-4121А с молотами СП-62 и захватно-клещевыми рабочими органами, ЭО-3322Б с молотами СП-71, ЭО-4321 и ЭО-3121А (ЭО-5015А) с молотами ГПМ-300

менения ручного труда, допускается применение ручного труда лишь в особо стесненных местах, где неприменимы средства механизации, а также там, где по правилам безопасности ведения работ запрещается применение машин и навесного оборудования;

новые средства механизации участвуют в технологическом процессе наряду с известными землеройными и землеройно-транспортными машинами, имеющимися в парках строительных организаций, но при этом сокращается количество операций, снижается общая трудоемкость процесса и особенно затраты ручного труда;

технико-экономические показатели технологического процесса должны рассчитываться на единицу готовой продукции по конечному результату, т. е. по годовому земляному сооружению, доведенному до проектных размеров.

Область возможного использования экскаваторов и другого оборудования (статических и динамических рыхлителей и т. п.) на мерзлых грунтах зависит от конструктивного исполнения оборудования, физико-механических свойств мерзлого грунта и глубины его промерзания, а также схемы выемки (разрушения) мерзлого слоя тем или иным видом рабочего оборудования.

Выемка (рыхление) мерзлого слоя одноковшовыми экскаваторами обычного исполнения, т. е. без специального сменного оборудования, может производиться по четырем схемам (направлениям движения ковша): I — вдоль мерзлого слоя (при различной глубине внедрения ковша от открытой поверхности слоя); II — поперек мерзлого слоя (в пределах его); III — поперек мерзлого слоя (начиная с немерзлого грунта, т. е. с подбоем); IV — под углом к мерзлому слою в откосе забоя (рис. 3.1). Наблюдения за работой экскаваторов и экспериментальные исследования показали, что удельное сопротивление копанию по глубине мерзлого слоя в значительных пределах меняется: наибольшее значение K_{FM}^{B} в верхней части мерзлого слоя (вблизи открытой поверхности слоя), наименьшее — вблизи границы мерзлого грунта с немерзлым, а в среднем по мерзлому слою величина удельного сопротивления копанию $K_{FM}^{ср}$ обычно составляет 60...70 % K_{FM}^{B} (рис. 3.2). Если прочность мерзлого грунта вблизи открытой поверхности (на глубину до 10 см) по сравнению с прочностью немерзлого грунта обычно возрастает

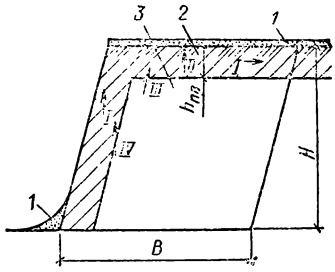


Рис. 3.1. Схема промерзания экскаваторного забоя

1 — снежный покров; *2* — мерзлый грунт; *3* — немерзлый грунт; *I*... *IV* — направление движения ковша экскаватора

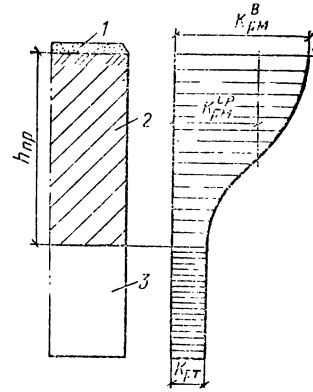


Рис. 3.2. Характер изменения удельного сопротивления копанию по глубине мерзлого слоя

1 — снежный покров; *2* — мерзлый грунт; *3* — немерзлый грунт

в 6...8 раз, то в среднем по мерзлому слою — 4...5 раз, а вблизи с границей немерзлого (талого) грунта прочность мерзлого грунта невелика. Поэтому очень важно правильно выбрать схему выемки (вид стружки) мерзлого слоя и направление движения ковша.

Установлено, что удельное сопротивление копанию при копании поперек мерзлого слоя в среднем на 20...40 % меньше по сравнению с копанием мерзлого слоя вдоль открытой его поверхности в верхней части и на 40...60 % меньше при копании поперек мерзлого слоя со стороны немерзлого (талого) грунта, т. е. при работе с подбоем.

При разработке мерзлого слоя в откосе забоя вертикальной стружкой удельное сопротивление копанию зависит в значительной степени от отношения ширины срезаемой стружки к толщине мерзлого слоя, т. е. долевого участия одновременно срезаемого мерзлого и немерзлого грунтов. При срезе стружки только мерзлого грунта величины удельного сопротивления копанию при схемах III и IV близки между собой. Влияние схемы копания мерзлого слоя на величину K_{FM} может быть учтено коэффициентом $K_{сх}$. Все это говорит о целесообразности применения схемы копания

с подбоем как при разработке мерзлого слоя в кровле, так и в откосе забоя.

Средние значения коэффициента $K_{сх}$ при различном направлении движения ковша составляют: вдоль открытой поверхности (в верхней части слоя) — 1, поперек мерзлого слоя (в его пределах) и под углом к мерзлому слою — 0,7, поперек мерзлого слоя (с талого грунта с подбоем) — 0,5.

Для одноковшовых экскаваторов обычного исполнения допустимая для разработки глубина мерзлого слоя $h_д^э$ (табл. 3.2) может быть ориентировочно опре-

3.2. Допустимая глубина мерзлого слоя при использовании прямых и обратных лопат, м

Вместимость ковша, м³	Группа грунта		
	I	II	III
0,4	0,28/0,4	0,22/0,32	0,17/0,24
0,65	0,46/0,65	0,37/0,52	0,28/0,39
1	0,71/1	0,57/0,8	0,43/0,6

Примечание. До черты — при $K_{сх}=0,7$, за чертой — при $K_{сх}=0,5$.

делена для прямых и обратных лопат из эмпирического выражения

$$h_д^э = aE/K_{сх},$$

где a — коэффициент, зависящий от группы грунта в немерзлом состоянии; E — вместимость ковша, м³.

Значения коэффициента a в грунтах I...IV групп в немерзлом состоянии для прямых и обратных лопат изменяется от 0,25 до 0,5, а для драглайнов — от 0,12 до 0,25.

Так, например, для экскаватора прямая лопата с ковшом вместимостью 1,25 м³ при копании вдоль поверхности грунта II группы ($K_{сх}=1$, $a=0,4$), в мерзлом состоянии

$$h_д^э = 0,4 \cdot 1,25/1 = 0,5 \text{ м}.$$

При работе с подбоем со стороны немерзлого грунта ($K_{сх}=0,5$, $a=0,4$)

$$h_д^э = 0,4 \cdot 1,25/0,5 = 1 \text{ м}.$$

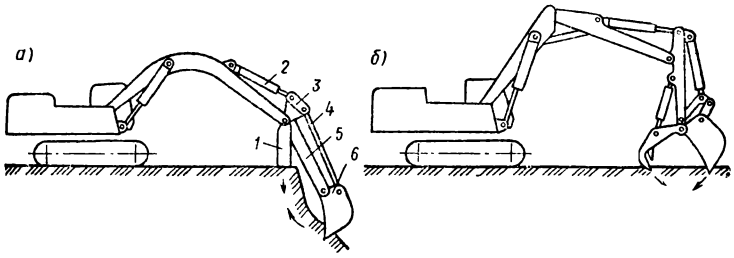


Рис. 3.3. Специальные устройства для разрушения мерзлых грунтов на базе экскаватора ЭО-4121А

а — упорно-захватное; , *б* — захватно-клещевое; *1* — упор; *2* — гидроцилиндр поворота упора; *3* — поворотный рычаг; *4* — тяга; *5* — рукоять; *6* — ковш

Разработку мерзлого слоя драглайном в связи с недостаточно высоким удельным усилием копания можно производить только по II...IV схемам, т. е. поперек или под углом к мерзлому слою. Величина $h_д^э$ определяется по этой же формуле, при этом значения коэффициента *a* следует принимать в 2 раза меньше по сравнению с прямыми и обратными лопатами.

Применение гидравлических экскаваторов, имеющих удельное усилие копания в 1,5...2 раза больше по сравнению с экскаваторами с механическим приводом, позволяет расширить их возможности для непосредственной разработки мерзлых грунтов. Особенно эти возможности возрастают при использовании прямых и обратных лопат с ковшами активного действия, упорно-захватным оборудованием, захватно-клещевыми устройствами.

Применение захватных устройств. С целью увеличения допустимой глубины мерзлого слоя $h_д^э$ и более эффективной разработки мерзлых грунтов при $h_{пр}$ = =1...1,1 м применяют различного рода захватные устройства, устанавливаемые на рабочем оборудовании экскаваторов в качестве сменного рабочего органа.

Для разработки мерзлых грунтов применяют также сменное упорно-захватное оборудование для экскаваторов ЭО-3322Б и ЭО-4121А (рис. 3.3, *а*). Оборудование представляет упорное устройство рукояти с системой рычагов и ковшом. При разработке мерзлого грунта оборудование упором рукояти опирается на поверхность грунта рядом с кромкой забоя. Поворотом

ковша выполняют отрыв мерзлого грунта и наполнение ковша, при этом усилие на зубьях ковша достигает 35 (ЭО-3322Б) и 60 кН (ЭО-4121А), глубина рыхления соответственно 1,1 и 1,8 м, производительность рыхления мерзлого грунта достигает 35—40 м³/ч.

В Главмосстрое и других организациях в последние годы для разработки мерзлых грунтов на глубину до 1,3 м применяют захватно-клещевые устройства на экскаваторе ЭО-4121А (рис. 3.3, *б*). Устройство состоит из рамы, один конец которой шарнирно крепится к рукояти стрелы экскаватора; другой конец содержит один или три зуба (один центральный и два подрезных), направленных навстречу к зубьям ковша. Рама с зубьями приводится в действие дополнительным гидроцилиндром. Усилие, возникающее на зубьях, достигает 38 кН, производительность рыхления мерзлого грунта захватно-клещевыми устройствами на базе экскаватора ЭО-4121А составляет до 40 м³/ч.

Однозубый захватно-клещевой рабочий орган к экскаватору ЭО-5122 по кинематической схеме подобен однозубому рабочему органу к экскаватору ЭО-4121А (табл. 3.3).

3.3. Техническая характеристика захватно-клещевых рабочих органов к гидравлическим экскаваторам

Показатель	Рабочий орган		
	однозубый	трехзубый	
	к ЭО-4121А	к ЭО-5122	к ЭО-4121А
Количество зубьев рыхлителя	1	1	3
Радиус, описываемый режущей кромкой зуба, м	1,5	1,46	1,3
Вместимость ковша (специального исполнения), м³	0,65	1/1,25	0,65
Радиус, описываемый зубом ковша, м	1,5	1,72	1,3
Усилие на кромке ковша, кН	117,7	—	117,7
Масса оборудования, кг	2750	4050	2400

При использовании захватно-клещевых рабочих органов достигается значительная эффективность. Так, например, с помощью трехзубого рабочего органа на экскаваторе ЭО-4121А разрабатывался в котловане мергель с прослойками известняка VI группы по трудности разработки экскаватором. При этом эксплуата-

ционная производительность составила 19,6 м³/ч при работе вдоль трещиноватости скального пласта и 17,5 м³/ч — при разработке поперек ее.

На другом объекте разработка траншеи глубиной 2 м и шириной 1,2 м под трубопровод производилась с применением захватно-клещевого оборудования. При этом вскрывались верхний слой асфальтобетона толщиной 10 см и уплотненная подушка из разборной скалы с песком и гравием; на глубине 80 см разрушался слой монолитного бетона толщиной 35 см и далее на глубину до 1,3 м снова разборный скальный грунт. Производительность экскаватора в указанных условиях составила 32 м³/ч.

Захватно-клещевым рабочим органом можно успешно разбирать временные дороги из дорожных плит, взламывать монолитные дорожные покрытия, разбирать старые здания, а также производить погрузку и разгрузку длинномерных и крупногабаритных предметов (свай, бревен, труб, крупных кусков породы и др.). При выполнении указанных работ не требуется смена рабочего оборудования, а погрузочно-разгрузочные работы можно производить без участия стропальщиков. Рыхлитель, переведенный в нерабочее положение, не мешает обычной работе экскаватора. Усилия на зубьях рыхлителя направлены навстречу усилиям на зубьях ковша (кроме случаев работы однозубым рыхлителем), что позволяет практически разгрузить базовую машину от значительных усилий, возникающих на зубьях рыхлителя. Совмещение ряда технологических операций (рыхление и заполнение ковша, отрыв и погрузка блоков разборной скалы, плит и др.) позволяет в ряде случаев заменить две машины одной со значительным экономическим эффектом.

Для рыхления мерзлых и прочных грунтов все шире применяют зуб-рыхлитель, установленный на гидравлическом экскаваторе, позволяющий разрабатывать грунт методом резания.

Применение ковшей активного действия. ЦНИИС Минтрансстроя создал ковши активного действия для экскаватора ЭО-4121. Это оборудование предназначено для разработки мерзлых и прочных грунтов до VI группы включительно, а также других материалов повышенной прочности (асфальтобетонных покрытий и т. п.) без предварительного рыхления. Такое обору-

дование включает ковш активного действия, в днище которого вмонтированы три пневмомолота ПМ-100 с частотой ударов 570 в 1 мин. В процессе работы зубья пневмомолотов можно устанавливать под любым углом к разрушаемой поверхности за счет поворота ковша.

Экспериментальный образец оборудования прошел производственные испытания в УМ-6 треста Мосинжстроймеханизация № 3 при глубине промерзания грунта $h_{пр}=2...2,5$ м. Такое оборудование позволяет производить как скол мерзлого грунта или прочного покрытия, так и подборку, перемещение его в отвал или погрузку в транспорт, т. е. комплексно производить рыхление и экскавацию без дополнительных средств механизации.

Опыт использования оборудования с ковшом активного действия показал высокую надежность и хорошие эксплуатационные качества оборудования при разработке мерзлых и прочных грунтов, а также твердых покрытий.

Навеска одного пневмомолота ПМ-100 на ковш экскаватора ЭО-4121 позволила создать навесное рыхлительное оборудование, пригодное для рыхления мерзлых и скальных грунтов, а также асфальтобетонных и бетонных покрытий. Монтаж навесного оборудования осуществляют без применения дополнительных кранов в течение 5 мин, а демонтаж — 3 мин.

Применение экскаваторного пневмомолота эффективно для рыхления небольших объемов грунтов в стесненных условиях позволяет заменить тяжелый ручной труд с отбойными молотками. Экскаваторные навесные рыхлители можно применять при производстве земляных работ сравнительно большого объема, так как производительность с навесным рыхлителем составляет при рыхлении сплошного массива мерзлого грунта 25 м³/ч.

Ковши с наличием активных зубьев с пневмомолотами, установленными в корпусе передней стенки ковша экскаватора, применяются при разработке мерзлых и скальных грунтов на строительстве железных дорог (табл. 3.4).

При разработке скальных грунтов экскаваторами Э-10011Д и ЭО-4112В стоимость 1 м³ грунта составляет: после рыхления взрывом — 0,91, клин-молотом — 2,27, ковшом с активными зубьями — 0,49 руб.

3.4. Основные технологические параметры экскаваторных ковшей активного действия

Показатель	Размерная группа экскаватора		
	4	5	6
Масса ковша, кг	2250	2480	2480
Вместимость ковша, м³	0,6	0,9	1,1
Число пневмомолотов	3	3	3
Молот	МК-3	МК-4	МК-4
Энергия удара, Дж	800	1000	1000
Частота ударов, с	10	9,5	9,5

Применение сменного ковша прямой лопаты с зубьями активного действия позволяет с достаточной точностью разрабатывать дно и откосы котлованов и траншей, допускает проведение работ в стесненных условиях строительных площадок и действующих объектов.

Ковш с зубьями активного действия до списания отрабатывает 800...850 машино-смен (6500...7000 моточасов) и обеспечивает выработку 26...28 тыс. м³ скальных грунтов. Средняя производительность в зависимости от условий работы составляла 32...40 м³/смену.

Применение мощных пневмомолотов. В последнее десятилетие применяли мощные пневмомолоты (ПН-1300, ПН-1700 и ПН-2400) на базе гидравлических экскаваторов (табл. 3.5) для рыхления мерзлых грунтов, а также бетонных и железобетонных конструкций (рис. 3.4, *а*). Для использования пневмомолотов в качестве сменного рабочего оборудования к одноковшовым гидравлическим экскаваторам не требу-

3.5. Технологические параметры пневмомолотов для экскаваторов

Показатель	Размерная группа экскаватора		
	2	3	4
Марка молота	ПН-1300	ПН-1700	ПН-2400
Энергия удара, кДж	1,3	1,7	2,4
Частота ударов, мин⁻¹	500	400	325
Рабочее давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Расход воздуха, м³/мин	9	10	14
Масса ударника, кг	32,1	59	70
Масса пневмомолота, кг	390	490	560

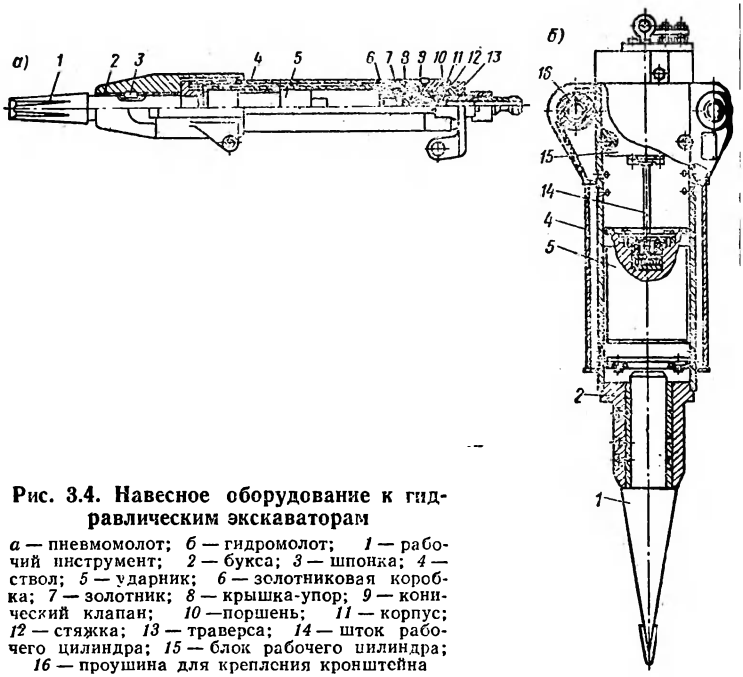


Рис. 3.4. Навесное оборудование к гидравлическим экскаваторам

а — пневмомолот; *б* — гидромолот; *1* — рабочий инструмент; *2* — букса; *3* — шпонка; *4* — ствол; *5* — ударник; *6* — золотниковая коробка; *7* — золотник; *8* — крышка-упор; *9* — конический клапан; *10* —поршень; *11* — корпус; *12* — стяжка; *13* — траверса; *14* — шток рабочего цилиндра; *15* — блок рабочего цилиндра; *16* — проушина для крепления кронштейна

ется изменений конструкций базовой машины. Пневмомолот навешивают вместо ковша двое рабочих за 10...15 мин.

В последнее десятилетие навесные пневмомолоты ПН-1300 и ПН-1700 применяли на строительных объектах Москвы, Московской и Новосибирской областей. В качестве базовых машин использовали экскаваторы ЭО-2621А, ЭО-3322А и др. Молот работал в повторно-кратковременном режиме с продолжительностью включения за цикл не более 30 с. Мерзлый грунт скалывался на всю глубину промерзания и разрушался на куски 30...40 см, что позволяло выбирать их ковшом экскаватора.

Оптимальное расстояние инструмента от кромки забоя составляло 40 см. В этих условиях молот работал в вертикальном положении или с небольшим наклоном в сторону. Техническая производительность пневмомолота за 1 ч чистой работы составляла 16...22 м³. Техническая производительность экскаватора с пневмомо-

лотом обычно составляет 11...12 м³/ч, а эксплуатационная — 8...9 м³/ч.

Разработку траншей шириной 1...5 м и глубиной до 2 м производили комплексом машин, состоящим из экскаватора ЭО-3322А с молотом ПР-1700 или ПН-2400, компрессорной станции РП-10М и экскаватора ЭО-4121 или Э-5015. Глубина промерзания мерзлого пылеватого песка составляла 0,6...1 м, средняя прочность по ударнику ДорНИИ — 153 удара.

В результате производственных испытаний ЦНИИОМТП установлено, что для строительства по техническим характеристикам наиболее применим молот ПН-1700 (техническая производительность 15,2 м³/ч). Рыхление и выемку мерзлых грунтов при разработке линейно-протяженных выемок следует, как правило, вести торцевой проходкой слоями глубиной до 0,7 м. Себестоимость разработки 1 м³ мерзлого грунта группы IIм в траншее шириной 2 м при глубине промерзания 1 м составляет 1,04 руб., удельные приведенные затраты 1,83 руб. и удельная трудоемкость 0,26 чел.-ч.

Недостатком пневмомолотов является шум, возникающий при работе компрессора и при выхлопе сжатого воздуха. Кроме того, при наличии компрессора в забое экскаватор становится менее мобилен.

В последние годы все более широкое применение находят гидромолоты (рис. 3.4, *б*), навешиваемые в качестве сменного рабочего оборудования на гидравлические экскаваторы. Гидромолотами можно успешно разрушать мерзлые и скальные грунты, взламывать бетонные покрытия и фундаменты, дробить негабаритные куски пород в карьерах, уплотнять насыпные грунты в стесненных условиях.

Гидромолоты навешивают на гидравлические экскаваторы вместо ковша и соединяют с рукоятью рабочего оборудования посредством промежуточного кронштейна. Привод гидромолота осуществляется непосредственно от гидросистемы экскаватора, который предварительно оборудован сливной и напорной магистралями. При использовании гидромолота СП-71 (СП-71А) дополнительно прокладывают воздушную магистраль от ресивера экскаватора для подпитки пневмоаккумулятора. В дальнейшем время замены

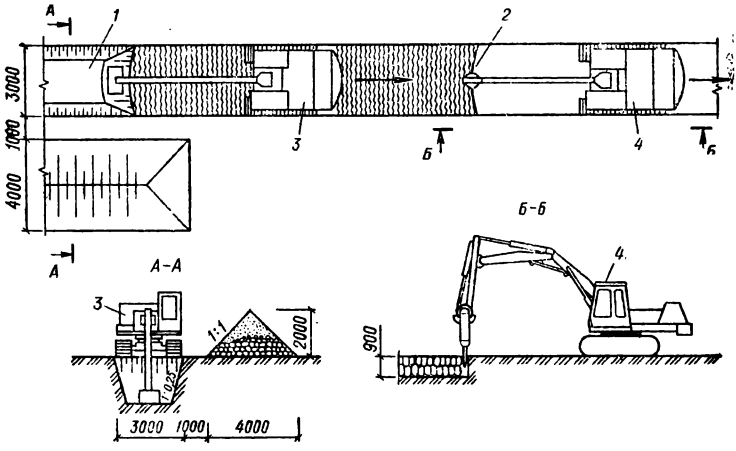


Рис. 3.5. Схема разработки траншеи с рыхлением мерзлого грунта гидромолотом

1 — разрабатываемая траншея; *2* — зона разрыхленного грунта; *3* — экскаватор ЭО-4121 со стандартным ковшом; *4* — экскаватор ЭО-4121 с гидравлическим молотом СП-62

гидромолота на другое рабочее оборудование не превышает 20—30 мин.

В настоящее время серийно выпускаются следующие модели гидромолотов: СО1-183, ГПН-120 — для экскаватора ЭО-2621А, ГПМ-300 — для экскаватора ЭО-4321, СП-71—для экскаватора ЭО-3322Б и СП-62— для экскаваторов ЭО-4121 и ЭО-5122 (табл. 3.6). Гидромолоты различны по конструкции, разработаны под конкретные модели экскаваторов и не унифицированы между собой.

В НПО ВНИИстройдормаша разработан ряд унифицированных гидромолотов СО1-183, СП-70, СП-85, СП-62. Гидромолот СП-62 (СП-62УХЛ), выпускаемый Ковровским экскаваторным заводом, предназначен для рыхления мерзлых грунтов, горных пород, взламывания дорожных покрытий и фундаментов. Так, при разрушении мерзлых грунтов техническая производительность составляла около 60 м^3/ч.

Красноярский филиал НПО ВНИИстройдормаша разработал оригинальные конструкции гидропневматических молотов (ГПМ-120, ГПМ-300, СП-71 и др.). Молоты ГПМ-120 и ГПМ-300 выпускаются Киевским объ-

3.6. Техническая характеристика гидромолотов на гидравлических экскаваторах

Показатель	СО1-183	СП-70	СП-62УХЛ	ГПМ-120	СП-71 (СП-71А)
Энергия удара, Дж	1800	3000	9000	1200	3000
Частота ударов, $мин^{-1}$	300	180	160	250	150—180
Масса, молота, кг	450	840	2340	340	900
Масса ударной части, кг	100	200	600	30	160
Рабочее давление, МПа	10	16	16	10	16
Давление пневмоаккумуляторов, МПа	—	—	—	1,2	0,75
Модель базовой машины (экскаватора)	ЭО-2621А, Э-5015А, ЭО-3322А (Б)	ЭО-3322А (Б), ЭО-4321, ЭО-4121	ЭО-4121, ЭО-5122	ЭО-2621А	ЭО-3322Б, ЭО-3322Д, ЭО-3323
Масса базовой машины, т	7...15	12...20	20...30	7	15

единением «Красный экскаватор», а молот СП-71 — Калининским экскаваторным заводом. Глубина рыхления за один проход у гидромолота ГПМ-120 и гидромолотов ГПМ-300 и СП-71 составляет соответственно 40 и 60 см. Техническая производительность их составляет при разработке мерзлых грунтов соответственно 5...6 и 20...25 м³/ч, а при разрушении асфальтобетонных покрытий толщиной до 0,3 м соответственно 5...6 и 15...19 м³/ч.

Опыт эксплуатации этого оборудования показал, что наиболее рациональным является оборудование экскаваторов гидромолотами на период от недели до нескольких месяцев, в течение которого экскаватор с гидромолотом используется как специализированная машина. При этом в целом по парку машин наиболее рационально оснащение гидромолотом одного экскаватора из четырех. В общем количестве молотов соотношение между гидромолотами тяжелыми (энергия удара 9 кДж), средними (энергия удара 3...6 кДж) и легкими (энергия удара 2,0...1,0 кДж) наиболее целесообразно в пропорции 1 : 2 : 4.

Применение гидромолотов на гидравлических экскаваторах позволяет заменить малопроизводительные клин- и шар-молоты, а также отбойные молотки при разрушении мерзлых и скальных грунтов, бетонных и асфальтобетонных покрытий и т. п.

Применение навесных динамических рыхлителей на экскаваторах. Для рыхления мерзлых и прочных грунтов, а также твердых покрытий используют падающие и забиваемые рабочие органы, навешиваемые на экскаваторы (драглайн и обратная лопата) и тракторы. К таким органам относятся: клин-молот, шар-молот, трехклинный рыхлитель, дизель-молот с клином, рыхлители с падающей стрелой и др.

Наибольшее распространение имеют клин-молоты и дизель-молоты с клином, навешиваемые на экскаваторы с механическим приводом (Э-302Б и др.). Масса клин-молота 0,4...4 т и зависит от модели экскаватора и физико-механических свойств разрушаемых грунтов. Простота конструкции обеспечила широкое применение клин-молотов на земляных работах в зимнее время.

При сравнительно небольших по объему котлованах и траншеях рыхление грунта, а также дробление негабаритных кусков производят с помощью навесного

оборудования к одноковшовым экскаваторам в виде молотов свободного падения. Молот может иметь форму шара, действующего по принципу дробления, или клина — по принципу скола грунта. Характеристика рыхления мерзлого грунта молотами приведена в табл. 3.7.

3.7. Характеристика рыхления мерзлого слоя молотами свободного падения

Грунт	Глубина промерзания, м	Молот		Число ударов по одному месту при высоте падения, м		
		шар	масса, т	8	10	13
Песок и супесок	0,5	Шар	1,5...3	3...4	2...3	2...3
Суглинок и глина	0,8	Клин	3	4	3	2
То же	1,1	»	3	5	4	3

Производительность экскаватора, работающего с клин- или шар-молотом, не превышает 50...60 м^3 мерзлого грунта за смену. Недостатком рыхления грунтов этим способом является чрезмерный расход стальных канатов, нежелательные повышенные динамические нагрузки на узлы экскаваторов, а также большой разлет кусков.

Находят также применение дизель-молоты (С-222, С-224) с клином, навешиваемые в качестве сменного рабочего органа на экскаватор Э-652Б.

Практикой установлено, что при работе клин-молота наибольшая дальность разлета кусков грунта L_{max} зависит от угла падения клин-молота β: так при значениях β 70, 80 и 90° величина L_{max} составляет соответственно 24, 19 и 15 м. Эти данные позволяют установить зону безопасности работы таких устройств от места падения груза. Расстояние от места падения груза должно быть в направлении от экскаватора, как указано выше, а в направлении к экскаватору — 0,85 L_{max}. Если в последнем случае расстояние до экскаватора меньше требуемого, то кабина машиниста экскаватора должна быть оборудована защитным устройством.

Во время рыхления мерзлых грунтов клин- и шар-молотами в радиусе 50 м от экскаватора должны быть поставлены предупреждающие знаки, запрещающие

заходить в зону работы экскаватора. Запрещается работать на одном участке в радиусе 50 м одновременно двум экскаваторам, один из которых разрушает мерзлый грунт клин- или шар-молотом.

Поднимать или опускать клин- или шар-молот следует строго вертикально. Не разрешается раскачивать их или допускать скольжение по мерзлому грунту после опускания.

Очищать ковш, а также проверять и исправлять крепление ковша, клин- или шар-молота помощник машиниста должен только после получения разрешения машиниста экскаватора.

В последнее время одноковшовые экскаваторы, а также погрузчики нашли довольно широкое применение при разработке скальных и мерзлых грунтов.

Опыт использования погрузчиков в карьерах и выемках показал, что в определенных условиях они с успехом могут заменять одноковшовые экскаваторы, так как удельная вместимость ковша на единицу массы погрузчика в 3—5 раз меньше, высокая маневренность позволяет производить погрузку в невысоких забоях без снижения производительности, а высокая мобильность — работать в труднодоступных местах с возможностью самостоятельного передвижения с объекта на объект.

Возможность разработки мерзлых грунтов траншейными многоковшовыми экскаваторами (роторными и цепными) зависит прежде всего от их конструктивного исполнения: некоторые из моделей экскаваторов способны разрабатывать грунты при глубине промерзания 1...1,5 м, а другие — при любом промерзании грунта.

Траншейные экскаваторы применяют как серийные со специальным сменным рабочим оборудованием, так и специально изготовленные. Такие экскаваторы успешно работают на выемке мерзлых и немерзлых (талых) грунтов.

Роторные траншейные экскаваторы (см. табл. 1.16) используют для разработки траншей глубиной до 2,5 м и шириной до 1,5 м при глубине промерзания грунтов 1...1,5 м. Роторный экскаватор ЭТР-224 на базе трактора Т-130 приспособлен для рытья траншей шириной 0,75...1,75 м и при глубине промерзания грунтов 1,1... 1,4 м достигает производительности 185...290 м^3/ч,

Экскаваторы ЭТР-134А могут отрывать траншеи шириной до 0,28 м в грунте с содержанием крепких включений размером до 0,25 м.

Траншейный роторный экскаватор ЭТР-132АС с полуприцепным рабочим органом может отрывать траншеи прямоугольного профиля как в мерзлых, так и в немерзлых грунтах до IV группы включительно.

Роторный экскаватор ЭР-4А с ковшами, приспособленными для разработки мерзлых грунтов, может отрывать траншеи глубиной до 1,7 м и шириной 0,9... 1,1 м. В этом случае на ковши экскаватора ЭР-4А ставят уширители, зубья заменяют пирамидальными клыками, наплавленными твердыми сплавами («Релит» и др.). Клыки располагают в ступенчато-шахматном порядке. Большое удельное усилие на кромке зубьев позволяет разрабатывать экскаватором ЭР-10 тяжелые и мерзлые грунты с содержанием крепких включений размером до 250 мм.

Таким образом, приспособленность роторных траншейных экскаваторов в значительной степени определяется величиной реализуемого удельного усилия копания, а также конструкцией режущего органа.

Роторные траншейные экскаваторы, имеющие сравнительно большую массу и стойкость, эффективны при разработке траншей большой протяженности в любое время года, в том числе в грунтах, содержащих прослойки песчаника, известняка, включения отдельных камней, гравия и т. п.

В использовании роторных траншейных экскаваторов имеются некоторые ограничения (пересеченная местность, каменистые и сильно обводненные грунты, глубина копания), однако применение их для рытья траншей в мерзлых грунтах является весьма эффективным. Стоимость разработки 1 м^3 мерзлого грунта составляет 25...30 коп., в то время как стоимость рытья траншей одноковшовыми экскаваторами при предварительном рыхлении гусеничными рыхлителями составляет 50...55 коп.

Одно из направлений опытно-конструкторских разработок более совершенных роторных экскаваторов — создание экскаваторов с двигателями мощностью 400... 500 кВт, способных практически разрабатывать грунт высокой прочности при сплошном промерзании с производительностью 150...200 м^3/ч. Увеличение мощности

двигателя приведет к увеличению массы экскаватора до 80...100 т.

Цепные траншейные экскаваторы (см. табл. 1.16) менее приспособлены для работы в мерзлых и прочных грунтах, чем роторные, и имеют значительно меньшую производительность. Однако ими можно отрывать траншеи значительно большей глубины. Некоторые цепные экскаваторы предназначены для рытья траншей глубиной до 2 м в немерзлых и мерзлых грунтах при наличии до 15 % каменистых включений размером до 40 мм.

Быстроходный траншейный экскаватор БТМ-ТМГ отрывает траншеи глубиной до 1,5 м и шириной до 0,7 м при производительности в вечномерзлых грунтах до 100 м^3/ч. Экскаватор БТМ-ТМГ-2С отрывает траншеи глубиной до 3 м и шириной 1,1 м. Ковши этой машины движутся по жестким направляющим. Машина имеет ходоуменьшитель.

Экскаватор ЭТУ-353 служит для проходки глубоких траншей, при этом грунт разрабатывается комбинированным способом (резанием и сколом). Для этой цели на ковшовой раме экскаватора устанавливают направляющие, по которым при помощи двух пластинчатых бесконечных цепей, как по рельсам, перемещаются тележки с резцедержателями. Всего на ковшовой раме установлено 16 резцедержателей с закрепленными в них 27 плоскими и 9 клиновидными резцами.

В цепных траншеекопателях для мерзлых грунтов в качестве рабочего органа используют гусеничные цепи. Так, на экскаваторе ТМГ-2 (Красноярский филиал ВНИИстройдормаша) применена гусеничная цепь трактора Т-100 с резцами. Траншеекопатель ТМГ-1Ц на базе трактора Т-100М имеет цепь из стандартных звеньев гусениц с резцами И-80. Разрабатывая мерзлые грунты, нужно выбрать геометрию режущих зубьев и схему их расстановки так, чтобы более 50 % грунта разрушать сколом, а не резанием. При этом желательно иметь большой диапазон изменения скорости резания, применяя гидропривод высокого давления и высокомоментные гидродвигатели.

В табл. 3.8 представлены сведения о траншейных землеройных машинах и бульдозерах-рыхлителях, наиболее широко применяемых в настоящее время в зимних условиях.

3.8. Эксплуатационная производительность землеройных машин при разработке траншей и котлованов в мерзлых грунтах I и II групп

Наименование и марка машины	Глубина копания, м	Ширина сооружения, м	Производительность, м³/ч
Роторный траншейный экскаватор ЭТР-161 (на базе трактора Т-74)	1	0,8	13,1
Роторный траншейный экскаватор ЭТР-162 (на базе трактора ДГ-75)	0,7	0,8	11,5
Роторный траншейный экскаватор ЭР-7АМ (тягач Т-100М)	0,8	1,2	17,0
Роторный траншейный экскаватор ЭТР-231	1,2	1,8	27,8
Роторный траншейный экскаватор ЭТР-204 (трактор Т-130.1.Г-1)	1	1,2	16,0
Роторный экскаватор БТМ-ТМГ (тягач А-401)	1,5	0,5	31,6
Экскаватор БТМ-ТМГ-2С	3	1,1	41,4
Цепной экскаватор ЭТЦ-205С (трактор Т-100МГП)	2	0,65	20,9
Роторный траншейный экскаватор ЭТР-132АС	1,3	0,23	19,3
Баровая машина ЭТЦ-161	1,1	0,14	11,5
Бульдозер-рыхлитель ДП-5С	0,2*	Любая	17,2
Бульдозер-рыхлитель ДП-9С	0,5*	»	50,1
Бульдозер-рыхлитель ДП-16С	0,3*	»	49,2
Баровая машина ТМГ-1Ц на базе бульдозера Д-492	1,6	0,38	70—90

* За один проход.

Комбинированные схемы для разработки мерзлых грунтов используют довольно часто. Для нарезки щелей в мерзлом грунте используют роторный траншейный экскаватор или баровую машину, а погрузка мерзлого грунта до проектной отметки производится одноковшовым экскаватором (обратными или прямыми лопатами).

Так, например, широко использовалась технологическая схема с применением роторного экскаватора ЭТР-132АС и одноковшового экскаватора Э-652А. При этом экскаватором ЭТР-132АС производилась нарезка щелей шириной 023 м при $h_{пр} \leqslant 1{,}3$ м, а раз-

работка траншеи — экскаватором Э-652А до проектной отметки с последующей подчисткой дна траншей экскаватором-планировщиком ЭО-3332 и микробульдозером КР-14Г. При $h_{пр}>0,7$ м экскаватор Э-652А предварительно разрыхлял нарезанные полосы мерзлого грунта клин-молотом.

Большой интерес представляет баровая машина ТМГ-1Ц с гидроскалывателем на базе бульдозера Д-494, которая позволяет одновременно с нарезанием щелей рыхлить грунт на глубину $h_{пр}=1,6$ м. Гидроскалыватель имеет цилиндр двойного действия, монтируемый в центральной части корпуса бара. По данным треста Спецстроймеханизация г. Томска производительность машины составляет 70...90 м^3/ч, себестоимость разработки 1 м^3 грунта — 0,38 руб.

3.3. Рыхление мерзлых и прочных грунтов механическими способами

Для рыхления мерзлых, а также прочных грунтов механическим способом обычно используют:

при разработке котлованов — навесные (статические) рыхлители на бульдозерах и землеройно-фрезерные машины при послойной разработке, баровые машины — для нарезки мерзлых грунтов на блоки;

при разработке траншей — дисковые, баровые и фрезерные машины;

при вертикальной планировке площадки — навесные (статические) рыхлители.

Указанные машины работают обычно в сочетании с экскаваторами, которые производят погрузку как разрыхленного мерзлого и прочного грунта, так и немерзлого (талого) грунта

Навесные рыхлители на тракторах широко используют для рыхления мерзлых, полускальных и трещиноватых скальных грунтов. Такие рыхлители, оборудованные тремя или пятью стойками с зубьями к тракторам с тяговым усилием 100 кН, рыхлят прочные и мерзлые грунты на глубину 0,4...0,5 м. Для рыхления на бо́льшую глубину и грунтов V и VI групп применяют одностоечные рыхлители, устанавливаемые на тракторах с тяговым усилием 170... 220 кН и более.

Бульдозерно-рыхлительные агрегаты часто исполь-

зуют в сочетании с одноковшовыми экскаваторами и погрузчиками, скреперами и другим землеройным и землеройно-транспортным оборудованием.

Рыхлители легкого типа ДП-5С обычно используют для вспомогательных работ в средней полосе СССР. Средний рыхлитель ДП-16С предназначен для работы в различных условиях, а ДП-22С — в условиях Севера и северо-востока страны. В условиях Севера и Сибири эффективен тяжелый рыхлитель ДП-9С в сочетании с бульдозером ДЗ-126. На базе осваиваемых тяжелых тракторов Т-330 и Т-500 рекомендуется применение тяжелого рыхлителя ДП-10С с бульдозером ДЗ-59ХЛ или ДЗ129ХЛ и рыхлителя ДП-29ХЛ с бульдозером ДЗ-124ХЛ. Такие бульдозеры-рыхлители предназначены для разработки прочных и мерзлых грунтов сезонного промерзания и вечномерзлых при температуре грунта —15 °С, температуре наружного воздуха до —60 °С.

При разрушении мерзлого грунта режущий инструмент быстро выходит из строя. Около 40 % эксплуатационных затрат в зимнее время приходится на замену зубьев. Для обеспечения эффективной разработки мерзлых грунтов необходимо повысить износостойкость инструмента в 30...50 раз по сравнению с износостойкостью, потребной для разработки немерзлого грунта. Достигается это упрочнением режущей кромки (например, твердосплавной напайкой типа ВК15) или уменьшением пути трения.

В настоящее время на строительных площадках используют бульдозры-рыхлители не только отечественного, но и сверхмощные рыхлители зарубежного производства. Так, в условиях Севера и в восточных районах страны (БАМ и др.) широко используют бульдозеры-рыхлители модели Д-355 фирмы «Комацу» (Япония), Д-9Б и Д-10 фирмы «Катерпиллар» (США) и др. Эти же бульдозеры-рыхлители используют для послойной разработки вечномерзлых россыпных месторождений северо-востока страны.

Перед началом работы для лучшего сцепления гусениц рыхлителя с грунтом, 35...40 м поверхность грунта по длине котлована очищают от снега бульдозером. Иногда делают предварительное поперечное рыхление с шагом проходок 2,5 м для увеличения сцепления гусениц и соответственно реализации тяго-

вого усилия базового трактора. Затем грунт рыхлят продольными проходками на глубину 0,3...0,4 м при расстоянии между ними 0,8 м. При повышенной прочности грунта производят дополнительное рыхление поперечными или диагональными проходками под углом 60°. Последующие слои можно разрабатывать поперечными проходками, потом продольными и, наконец, диагональными. Разрыхленный грунт перемещают бульдозером в торец котлована, затем экскаватором грузят в самосвалы. Таким образом можно разрабатывать грунт при глубине промерзания до 2 м.

Расстояние между рядами (проходами) статического рыхлителя желательно определять в зависимости от получения мерзлых кусков размером не более допустимого размера $l_д$ для машины, которая в последующем будет разрабатывать мерзлый грунт (экскаватор, скрепер и др.).

Так, при работе статических гусеничных рыхлителей расстояние между параллельными проходами C_1 следует принимать

$$C_1 = l_д + b,$$

где b — ширина нижней части прорези, которая зависит от ширины наконечника рыхлителя b_1 и степени трещиноватости грунтов. Для мерзлых грунтов обычно $b = (1{,}5...2)b_1$

Глубину заглубления зуба рыхлителя принимают в зависимости от свойств грунта, мощности бульдозера и конструкции рыхлителя (обычно 50...80 см). У сверхмощных бульдозеров эта величина может достигать 100...130 см и более.

Блочные методы разработки мерзлых грунтов заключаются в том, что монолитность мерзлого грунта нарушается с помощью нарезки его на блоки (полосы) землеройными машинами (ДФМ-ГПИ-50, ЭТ-352, БЭТУ, РЭ-4, ЭТН-251 и др.) или тракторами (Т-100, Т-130 «Беларусь»), оборудованными дисковыми пилами или барами. В процессе нарезания щелей дискофрезерными или баровыми машинами, устанавливаемыми на тракторах с тяговым усилием до 100 кН, низ щелей на $^1/_3...^1/_4$ высоты засыпается разрыхленным грунтом, что позволяет начинать разработку мерзлых грунтов через 1...2 суток, не опасаясь вторичного смерзания.

Обычно используют два вида блочной разработки

мерзлых грунтов — мелкоблочный и крупноблочный.

Мелкоблочный метод разработки мерзлых грунтов применяется, когда мерзлая корка грунта разрезается или протаивается на блоки, размеры которых допускают дальнейшее использование экскаваторов. Этот метод целесообразно применять только при устройстве небольших котлованов и траншей (вводов), при работе в стесненных условиях с погрузкой грунта в автотранспорт или укладкой в отвал.

Для погрузки мерзлых блоков и разработки немерзлого (талого) грунта применяют экскаваторы с прямыми лопатами вместимостью ковша 0,65 м^3 и более, а при небольшой толщине блоков (30...40 см) — также бульдозеры.

Схемы разработки грунта экскаватором с прямой лопатой, мерзлая часть которого предварительно нарезалась квадратными блоками однобаровой машиной, представлены на рис. 3.6.

При глубине промерзания до 1,3 м траншеи и котлованы можно разрабатывать обратными лопатами с ковшом вместимостью 0,65 м^3 и выше при условии нарезания прорезей через 0,4...0,5 м баровой машиной. Причем при ширине траншеи до 2 м достаточно сделать продольные прорези под углом 30°, нарезая при этом блоки в виде ромбов. При рытье котлованов полная площадь разрабатывается несколькими торцевыми проходками. Технологические схемы устройства траншей и небольших котлованов представлены на рис. 3.7.

При мелкоблочном способе и глубине промерзания до 1,3 м размер блоков в плане не должен превышать 60×60 см в транспорт и 90×90 см — при работе в отвал. При этом размер мерзлых кусков, проходящих через ковш экскаватора, обычно не должен превышать допустимый размер (см. § 1.3). В связи с этим в ряде случаев необходимо дополнительное разрушение нарезанных мерзлых блоков.

При разработке котлованов и траншей шириной более 2 м обратными лопатами с отсыпкой грунта в отвал блоки мерзлого грунта нарезают не квадратами, а ромбами с целью более удобного их захвата и разрушения ковшом экскаватора. При этом размеры нарезаемых блоков зависят от вместимости ковша экскаватора; допустимого $l_д$ или негабаритного $l_н$

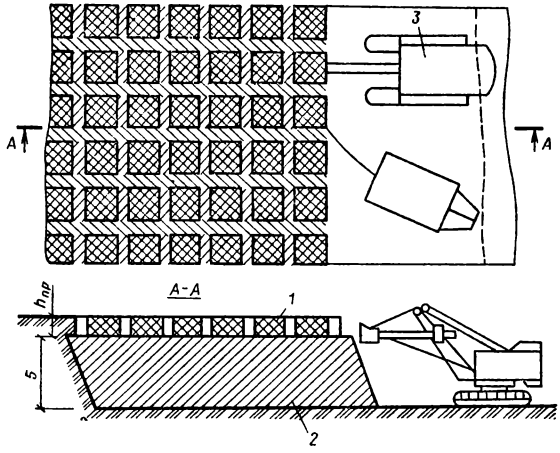


Рис. 3.6. Схема разработки экскаватором типа «прямая лопата» с предварительной нарезкой блоков (погрузка в автотранспорт)

1 — мерзлый грунт; *2* — талый грунт; *3* — экскаватор

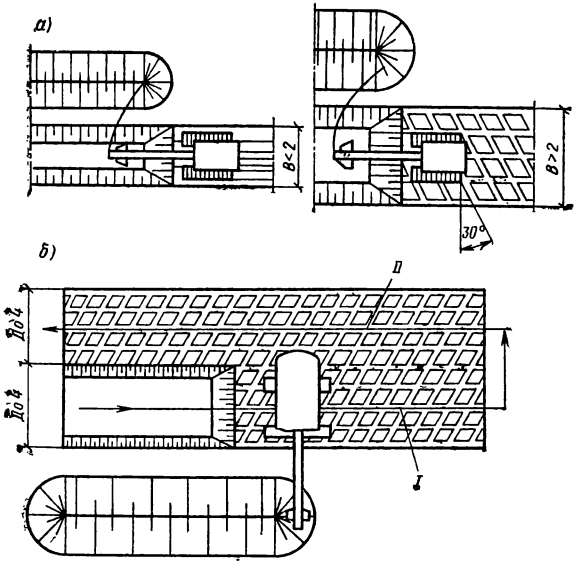


Рис. 3.7. Схема по устройству траншей (*а*) и небольших котлованов (*б*) обратной лопатой (работа в отвал)

I, *II* — проходки

размера куска (см. § 1.3), глубины промерзания грунта и ширины траншеи (котлована).

Крупноблочный метод разработки мерзлых грунтов рекомендуется при разработке небольших котлованов, а также вблизи зданий, когда недопустимо сотрясение грунта, неизбежное при ударном и виброударном рыхлении мерзлого грунта.

При этом методе разработки мерзлые грунты нарезают на блоки массой 4...10 т с помощью дискофрезерных или баровых машин с последующим удалением блоков из забоя строительными кранами, тракторами (бульдозерами) или электролебедками. Оси прорезей обычно разбивают на квадраты или прямоугольники с отношением сторон $^1/_{1,3}$... $^1/_{1,4}$.

При крупноблочном методе разработки мерзлых грунтов блоки отрывают и отодвигают от талого основания бульдозерами (рис. 3.8, *а*) или кранами с последующей погрузкой в самосвалы со снятым задним бортом (рис. 3.8, *б*). Строповку осуществляют клещевыми захватами внецентренно, что облегчает отрыв от немерзлого грунта.

Выемки разбивают на две захватки. На первой захватке нарезают щели однобаровой машиной, на второй ведут удаление блоков краном и подчистку основания бульдозером.

Баровые машины для нарезания щелей могут работать в комплекте: с экскаватором, оборудованным прямой и обратной лопатами, а также драглайном; с двумя экскаваторами со сменным оборудованием в виде клин-молота и прямой (обратной) лопатой; с роторным экскаватором; с бульдозером с последующей разработкой экскаватором, оборудованным обратной лопатой.

На рис. 3.9 приведены схемы разработки траншеи однобаровой машиной и экскаватором Э-652Б. В промерзшем грунте на всю ширину траншеи машина БЭТУ на расстоянии 0,55...0,65 м нарезает щели глубиной 1,2 м. Чтобы щели не способствовали большому промерзанию грунта, их нарезают на длину 20... 30 м, т. е. на длину захватки (разработка грунта экскаватором в течение смены). Пройдя до конца захватки, баровая машина нарезает щели от конца к началу параллельно ранее пройденным. В зависимости

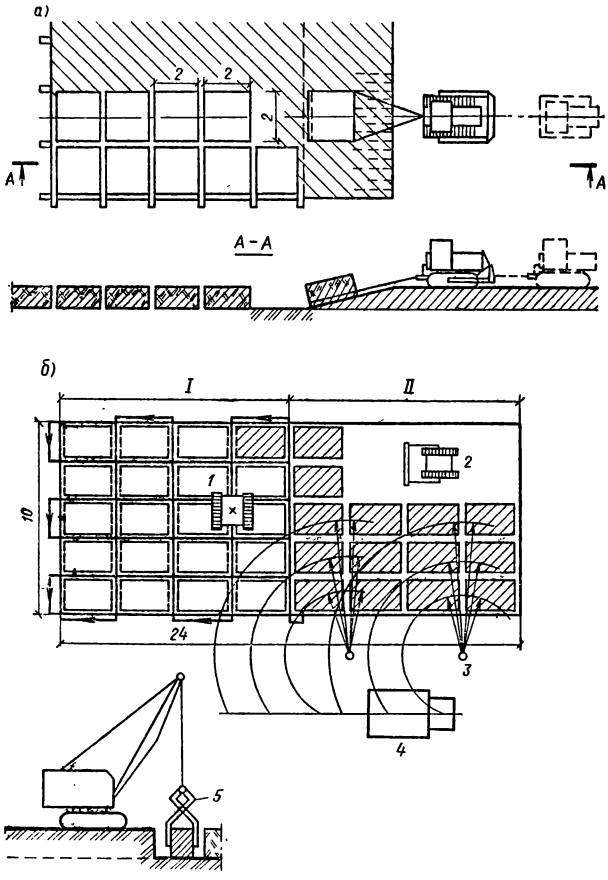


Рис. 3.8. Схема разработки крупных блоков мерзлого грунта

а — отрыв и перемещения блоков трактором; *б* — удаление блоков из забоя строительными кранами; *I*, *II* — захватки; *1* — баровая машина; *2* — бульдозер; *3* — стоянка крана; *4* — самосвал; *5* — клещевой (фрикционный) захват

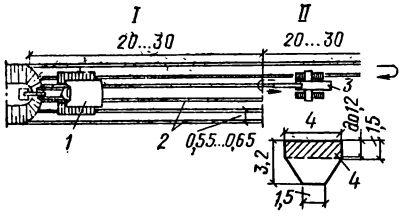


Рис. 3.9. Схема разработки траншей однобаровой машиной БЭТУ-353 и экскаватором, оборудованным обратной лопатой

I, *II* — захватки; *1* — экскаватор; *2* — щели; *3* — однобаровая машина; *4* — мерзлый грунт

от производительности экскаватора нарезку щелей ведут в одну или две смены.

Такая же технологическая схема может быть применена при работе двухбаровой машиной. На участке длиной 15...20 м двухбаровая машина 2БС-100 нарезает щели на расстоянии 0,6...0,65 м. Вслед за ней экскаватор Э-652Б, оборудованный прямой лопатой, взламывает ослабленную щелями мерзлую корку и вместе с талым грунтом грузит в самосвалы.

3.9. Сопоставление стоимости и трудозатрат различных способов рыхления мерзлых грунтов

Способ рыхления	Стоимость, руб.	Трудоемкость, чел.-смен/м³
Навесными статическими рыхлителями на базе тракторов с тяговым усилием 170 и 220 кН	0,2...0,35	0,002...0,005
Навесными молотами с энергией удара 12 кДж	0,25...0,3	0,02
То же, при энергии удара 6 кДж	0,48...0,6	0,045
Резание баровой машиной на базе траншейного экскаватора	0,109	0,004
То же, баровой машиной БЭТУ-353 на тракторе, с тяговым усилием 38 кН	0,18...0,27	0,008
Дискофрезерной машиной ДМФ-ГПИ	0,2...0,3	0,009
Взрывание щелевыми зарядами	0,31	0,05
То же, шпуровыми зарядами	0,41...0,5	0,047
То же, с локализаторами взрыва	0,49	0,05
Навесными клин- и шар-молотами	0,78	0,05
Виброрыхлителями	0,35...0,55	0,04...0,06
Трехклинными рыхлителями	0,8...1	0,005

Сопоставление технических способов рыхления мерзлых грунтов по себестоимости и трудоемкости (табл. 3.9) показывает, что:

наиболее экономичными способами являются рыхление навесными тракторными рыхлителями, на тракторах (Т-180, ДЭТ-250М), рыхление дизель-молотом с клином, при энергии удара 12 кДж резание баровой машиной БЭТУ-353 и дискофрезерной машиной ДФМ-ГПИ;

менее экономичными способами являются скалывание виброрыхлителями, дизель-молотами с клином при энергии удара 6 кДж;

наиболее дорогим способом является рыхление клин- или шар-молотом и трехклинным рыхлителем.

3.4. Рыхление мерзлых грунтов взрывным способом

В районах с суровым климатом и большой глубиной промерзания грунта взрывной способ является одним из основных при рыхлении мерзлых грунтов. Метод особенно эффективен на незастроенных участках строительной площадки, а на застроенных—с применением укрытий и локализаторов взрыва. Разработан ряд усовершенствований: короткозамедленное взрывание, применение новых дешевых взрывчатых веществ (ВВ), механизация работ бурения шпуров и скважин, что значительно удешевляет и расширяет область использования этого способа.

Взрывной способ рыхления мерзлых грунтов следует применять при глубине сезонного промерзания грунта $h_{пр}$ более 0,4...0,6 м.

При рыхлении мерзлого грунта на глубину до 1,5 м, а также при доработке откосов и оснований котлованов и траншей следует применять шпуровой и щелевой методы а при $h_{пр} > 1,5$ м — скважинный или щелевой метод.

Шпуровой (скважинный) метод. При шпуровом методе заряды ВВ размещаются в цилиндрических углублениях (шпурах) диаметром до 75 мм и глубиной до 6 м, а при больших размерах углублений — в скважинах (скважинный метод).

Бурение скважин в нескальных грунтах осуществляется буровыми станками шнекового типа. При глубине рыхления мерзлого грунта до 2 м применяют сосредоточенные заряды, а при большей глубине — рассредоточенные.

При взрывании шпуровых и скважинных зарядов для рыхления мерзлого грунта в котлованах и траншеях расчетная линия сопротивления W наиболее часто принимается равной глубине промерзания грунта, а глубина шпуров и скважин $l_ш = (0,9...0,95)\,h_{пр}$. Расстояние между шпурами (скважинами) a в ряду обычно принимают $(0,8...1,4)\,W$, причем нижний предел относится к трудновзрываемым грунтам, а верхний — к легковзрываемым.

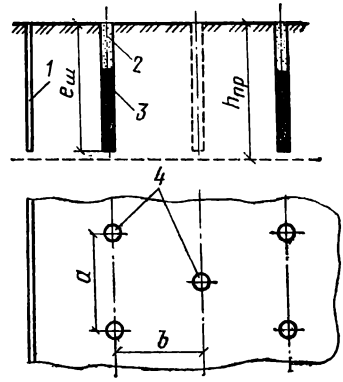


Рис. 3.10. Схема расположения шпуровых зарядов при рыхлении мерзлых грунтов (глубина промерзания до 1 м)

1 — компенсирующая щель; *2* — забоечный грунт; *3* — рассыпной заряд ВВ; *4* — шпур

При многорядном расположении шпуров и короткозамедленном взрывании расстояние между рядами шпуров (скважин) наиболее часто принимают

$$b = (0{,}9...1)\,W.$$

Шпуры располагают (рис. 3.10) в шахматном порядке. В связи с тем, что глубина сезонного промерзания в различные периоды зимнего времени изменяется, то и глубина рыхления изменяется от сезона [2].

Шпур или скважину не следует заполнять более чем на 0,5 м глубины. Забойка выполняется из песка или буровой мелочи на величину не менее $^1/_3$ длины шпура или скважины.

Соотношение диаметров шпуров и скважины в зависимости от толщины мерзлого слоя, м:

$h_{пр}$, м	до 1	1...1,5	1,5...2,5	св. 2,5
Диаметр, мм	до 42	42...65	65...110	111...200

При толщине мерзлого грунта более 1 м рекомендуется недобуривать скважину до немерзлого (талого) грунта на 2...3 ее диаметра, а при толщине слоя 1 м — бурить скважину до талого грунта и размещать заряд на границе мерзлого и талого грунтов.

Конструкция скважинного заряда зависит от расположения более прочного слоя мерзлого грунта по глубине промерзания, а также от вида и свойства грунта. При взрывании сезонно-мерзлых грунтов рассредоточенные заряды используют обычно при глубине $h_{пр} > 2$ м или при работе в вечномерзлых грунтах при

глубине выемки более 2 м. Соотношение верхней и нижней части заряда находится в пределах от 1 : 3 до 1 : 5 в зависимости от структуры массива. Величину верхнего заряда увеличивают в тех случаях, когда верхняя часть разрыхляемого массива сложена более прочными грунтами или промерзла в большей степени. Эти пределы определяются опытным путем.

Короткозамедленное взрывание группы зарядов позволяет регулировать направление и форму выброса грунта, снижать сейсмическое воздействие, улучшать дробление грунта вследствие соударения кусков, уменьшать радиус разлета отдельных кусков. При рыхлении мерзлых грунтов интервал замедления колеблется 15...25 м·с.

Для рыхления мерзлых грунтов целесообразно использовать заряды с низкой скоростью детонации (типа зернограниулитов), поскольку энергоемкость разрушения грунтов снижается по мере увеличения длительности взрыва. Увеличение длительности взрыва дает эффект не только при разрушении мерзлых, но и скальных грунтов и прочных материалов. Так, в Японии разработано ВВ с малой скоростью детонации, при взрыве которого резко снижаются сейсмическое воздействие и уровень шума, что дает возможность использовать его в стесненных условиях и даже внутри помещения.

При рыхлении грунта взрывным способом участок разбивают на захватки, где на первой захватке бурят шпуры, заряжают их и затем производят взрывание; на второй захватке по условиям безопасности работы не производят; на третьей захватке ведут разработку грунта. Размеры захваток определяют исходя из сменной производительности экскаватора.

В городских условиях следует использовать различные устройства и укрытия. В качестве таких устройств могут быть использованы стальные панцирные укрытия [28] или локализаторы взрыва, которые применяют для производства взрывных работ в стесненных условиях.

Разработаны различные типы локализаторов взрыва, состоящие из рамы на катках или полозьях и бронеплиты ЛВ-69, ЛВ-70. Широко используют локализаторы санного или колесного типа. Пробуренные скважины заряжают зарядами, а затем произво-

дят поочередное взрывание скважин с использованием передвижных локализаторов взрыва различных конструкций (санного типа, на колесах).

Производительность подготовки мерзлого грунта взрывным способом составляет 250...300 м³ в смену, стоимость работ — 0,49 руб/м³.

Преимуществами данного способа разработки мерзлого грунта по сравнению с другими способами являются: сравнительно небольшая трудоемкость, вполне удовлетворительное дробление (размер кусков до 400 мм в объеме 90...95 %); незначительное время подготовки грунта к экскавации; удовлетворение требованиям безопасности ведения взрывных работ.

Практика работы треста Строймеханизация Главновосибирскстроя убедительно показывает эффективность использования передвижных локализаторов взрыва в стесненных городских условиях.

Щелевзрывной метод. При разработке щелевзрывным методом предварительно нарезаются механическим путем дополнительные открытые поверхности (щели) внутри разрушаемого массива. Основными параметрами этого метода разрушения являются: глубина промерзания грунта $h_{пр}$, глубина щели $h_{щ}$, глубина заложения заряда $h_{з}$, ширина щели $b_{щ}$, расстояние между щелями a ($a = 0{,}9...1{,}3$ м), удельный расход ВВ q, кг/м³.

В практике при разработке траншей наиболее часто применяют двух-, трех- и четырехщелевые сочетания (схемы) зарядных и компенсируемых щелей. Двухщелевая схема применяется для траншеи шириной менее 1,3...1,5 м. При этом заряд укладывается в щель, расположенную ближе к охраняемому объекту. Заряд ВВ укладывается в щели у стенки разрушаемого массива с целью сохранения откоса. Наиболее распространенным вариантом является трехщелевая схема. Компенсирующие щели расположены симметрично относительно заряда. Наиболее экономичной с точки зрения использования ВВ является четырехщелевая схема. В этом случае расстояние между зарядными щелями может увеличиваться, поэтому удельный расход q снижается примерно на 25 %.

Совмещенная схема (одновременно зарядная и компенсирующая щель) позволяет сократить использование щелерезных машин. При этом расстояние

между щелями увеличивается в 2...2,5 раза в зависимости от глубины рыхления и свойств грунта. Для тяжелых глинистых грунтов при глубине рыхления более 1,3...1,5 м совмещенную схему не рекомендуется применять. Заряды в щели располагают в шахматном порядке относительно зарядов в соседних щелях.

Удельный расход q для всех видов мерзлых грунтов 0,5...1,2 кг/м^3 (аммонит № 6 ЖВ).

При разработке котлованов щели нарезаются через равные промежутки по всеми котловану вдоль разбивочных осей. Щели в мерзлом грунте во избежание получения негабаритных кусков обычно нарезают на расстоянии 0,9 м для экскаваторов с емкостью ковша до 0,65 м^3 и на расстоянии до 1...1,2 м при более крупных экскаваторах. Щели нарезают на глубину промерзания грунта щеленарезными машинами фрезерного типа или баровыми машинами.

Одним из основных путей повышения качества взрывного рыхления мерзлых грунтов является создание специализированных буровзрывных участков с целью обеспечения своевременной подготовки и организации фронта работ в зимний период.

3.5. Разработка мерзлых и прочных грунтов скреперами

Разработка мерзлых грунтов. Эффективность использования скреперов во многом зависит от качества подготовки мерзлого грунта к выемке, в данном случае рыхления. Для рыхления используются рыхлители с одним зубом ДП-10С на тракторе Т-330 и 9В на тракторе Д9 фирмы «Катерпиллер». Для повышения эффективности рыхления грунты рыхлят по поперечно-продольной схеме или более мощным рыхлителем 9В по продольной схеме на глубину 0,55—0,6 м без предварительного поперечного рыхления.

При промерзании грунтов до 1—1,2 м наиболее прочный первый слой экономически целесообразно рыхлить по поперечно-продольно-поперечной схеме, а последующие вследствие уменьшения прочности грунта — по поперечно-продольной.

Для рыхления грунта применяется также взрывной метод. При этом используются шпуровые заряды в сочетании с компенсирующими щелями и без них, в том

числе с шахматным расположением шпуров и по сетке. После взрывания мерзлых грунтов получается большой выход крупных кусков и неровная поверхность разрыхленного участка, поэтому перед проходкой скрепера поверхность планируется бульдозером ДЗ-94С, ДЗ-118 или ДЗ-35с.

Рыхление грунтов с глубиной промерзания до 1,5 м эффективней осуществлять гусеничными рыхлителями класса 250 кН и выше. Широкое внедрение скреперных комплексов и соответствующих технологических схем разработки мерзлых грунтов будет способствовать повышению производительности труда и круглогодичному использованию скреперного парка.

Разработка прочных грунтов. В последнее десятилетие скреперы все более широко применяют для разработки полускальных и трещиноватых скальных грунтов после предварительного их рыхления а также для разработки полускальных грунтов без предварительного их рыхления.

Определенный интерес представляет опыт применения самоходных скреперов на полускальных грунтах без предварительного рыхления. Для этого необходимо заполнять ковши скреперов с помощью более мощного трактора-толкача (ДЭТ-250М).

Самоходные скреперы с ковшом вместимостью 15 м^3 (ДЗ-13 и ДЗ-115) могут еще более эффективно по сравнению с ДЗ-11П разрабатывать отдельные участки с включением полускальных и трещиноватых скальных грунтов. При разработке разрыхленных скальных и полускальных грунтов в течение продолжительного периода времени необходимо усиление конструкции режущей кромки и днища ковша, как это практикуется на ряде зарубежных карьеров по добыче строительных материалов.

Создание мощных самоходных скреперов, в особенности с усиленной конструкцией ковша, позволит существенно расширить область эффективного применения скреперных комплексов на земляных работах, в том числе на полускальных и трещиноватых скальных грунтах.

Опыт применения скреперов на прочных грунтах за рубежом. В последние годы за рубежом скреперы стали использовать для разработки предварительно разрыхленных полускальных и скальных пород. Со-

зданы специальные усиленные конструкции мощных скреперов (усиленные режущие кромки и днище ковша). Масса скреперов специального использования фирмы «Катерпиллер» моделей 631С (вместимость ковша «с шапкой» 24 м³) и 641В (вместимость ковша 29 м³) с усилением конструкции возросла соответственно на 1,7 и 2,2 т.

Границы использования скреперов усиленных конструкций определяются возможностью механического рыхления разрабатываемого массива, которое обеспечивает приемлемые условия работы скреперов в забое, а рыхлительно-бульдозерный агрегат часто используется в качестве толкача.

Эффективно разрабатывают разрыхленный грунт со скоростью распространения продольных волн до 1900 м/с. Скреперы могут быть использованы для разработки пород, которые поддаются механическому рыхлению современными мощными рыхлителями на базе тракторов мощностью 395—487 кВт, со скоростью продольной волны $V_p = 2500$—3000 м/с.

Однодвигательные и в меньшей степени двухдвигательные скреперы специального исполнения могут применяться на разработке хорошо дробимых взрывом грунтов (куски до 80 см). До последнего времени скреперы с элеваторной загрузкой использовались лишь при разработке рыхлых и сыпучих грунтов. С созданием двухдвигательных элеваторных скреперов область их применения значительно расширилась, в том числе при разработке разрыхленных рыхлителем полускальных и скальных грунтов (мергель, сланцы и т. п.). Значительное преимущество двухдвигательных скреперов состоит в том, что они успешно могут работать в сырую погоду при неудовлетворительных грунтовых условиях.

При разработке абразивных скальных грунтов технико-экономические показатели ухудшаются по сравнению с обычными условиями эксплуатации: коэффициент наполнения снижается до 30 %, затраты на ремонт и содержание увеличиваются в 1,5 раза, коэффициент использования уменьшается на 10 %, срок службы шин сокращается на 60—70 %. Тем не менее, парк скреперов с ковшом вместимостью 18 м³ имеет меньшие на 10—15 % эксплуатационные затра-

ны, чем экскаватор с ковшом вместимостью 3,8 м³ и пять автосамосвалов грузоподъемностью 32 т.

Опыт применения мощных скреперов на разрыхленных полускальных и скальных породах на ряде зарубежных карьеров по добыче строительных материалов (французский карьер известняка «Битри», американский известковый карьер «Бейлей», английский песчано-гравийный карьер фирмы «ЭМИ Роадстоун» и др.) убедительно показывают эффективность их применения при соответствующем усилении конструкций скреперов. Скреперные комплексы могут быть также эффективно применены в условиях строительства промышленных и гидротехнических объектов на полускальных и скальных грунтах после предварительного их рыхления.

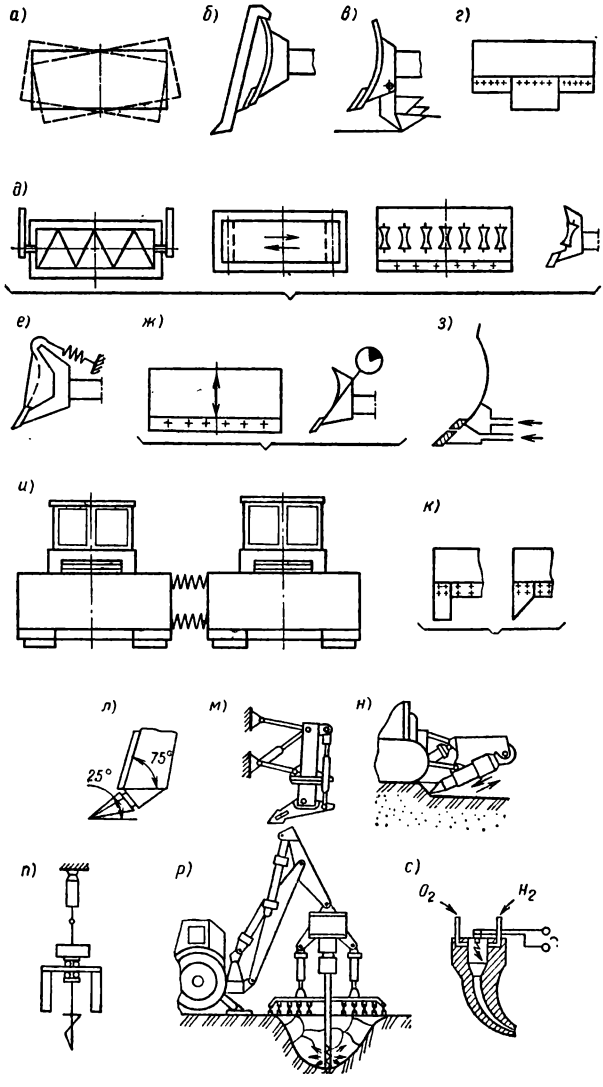
3.6. Совершенствование рабочих органов землеройных машин

Эффективность бульдозерных, рыхлительных, экскаваторных и скреперных работ при разработке грунтов, в первую очередь мерзлых и прочных, может быть достигнута за счет модернизации конструкции отвала и ковша, рыхлителя в границах традиционной конструктивной схемы, создания оборудования, основанного на новых принципах воздействия на грунт.

Бульдозеры. Эффективность бульдозерного оборудования существенно повышается при использовании накопительных открылков (неуправляемые и управляемые), адаптируемого отвала, позволяющего изменить угол резания, конфигурацию режущего ножа и т. д. Так, при обеспечении перекоса отвала в поперечной плоскости в среднем на 12...18° (рис. 3.11, *а*) производительность бульдозеров на грунтах III и IV категорий возрастает в 1,4...1,5 раза [3].

В ряде случаев конструкции отвалов бульдозеров оборудуются рыхлительными зубьями, которые располагают с лобовой или тыльной сторон отвала либо по его бокам (рис. 3.11, *б*, *в*). Оборудование выступающего среднего ножа, как и открылки, позволяет накапливать и удерживать призму волочения грунта (рис. 3.11, *г*).

На операциях перемещения грунта используют отвалы ковшового типа, передний нож у которых вы-


а)
б)
в)
г)
д)
е)
ж)
з)
и)
к)
л)
25°
75°
м)
н)
п)
р)
с)
O_2
H_2

носен вперед из-под призмы волочения. Расширение области применения и улучшение перемещения грунта в сторону достигается за счет установки перед отвалом шнека, ленточного транспортера (реверсивного), роликовых элементов и гибкой лобовой поверхности (рис. 3.11, *д*, *е*). Наложение механических колебаний на отвал, режущий нож и зубья (рис. 3.11, *ж*) приводит к снижению сопротивления грунта копанию.

В последние годы бульдозеры стали иногда оснащать интенсификаторами, обеспечивающими газовоздушную смазку поверхности отвала, контактирующей с грунтом (рис. 3.11, *з*). В этом случае можно срезать грунт с большей толщиной стружки за счет уменьшения сил трения грунта по отвалу.

Представляет практический интерес агрегатирование бульдозеров, заключающееся в сдвоенной схеме копания и перемещения грунта при возведении насыпей (рис. 3.11, *и*).

Рыхлители. В практике промышленного, гражданского и дорожного строительства получил распространение способ разрушения мерзлых и прочных грунтов, основанный на концентрированном воздействии на грунт рабочего инструмента клинообразной формы под действием статических и динамических нагрузок.

Для разрушения мерзлых грунтов целесообразно применять выступающий средний нож на бульдозерном оборудовании (рис. 3.11, *г*). Установка специальных угловых ножей на бульдозерных отвалах (рис. 3.11, *к*) при наличии перекоса также способствует хорошему внедрению рабочего органа в мерзлый и прочный грунт.

В зависимости от направления движения базового трактора при рыхлении различают зубья переднего и заднего рыхления. Производительность бульдозе-

Рис.3.11. Конструктивные схемы рабочих органов машин для разрушения мерзлых и прочих грунтов

отвалы: *а* — с перекосом; *б* — с передним рыхлящим зубом; *в* — с обратным рыхлителем; *г* — с выступающим средним ножом; *д* — со шнековым интенсификатором, с ленточным транспортером, с поверхностью, оснащенной роликами; *е* — с гибкой лобовой поверхностью; *ж* — с вибрирующим ножом; *з* — с газовоздушной смазкой поверхностей скольжения; *и* — отвалы, соединенные в единый агрегат; *к* — с боковыми ножами; рыхлители: *л* — зуб рыхлителя с переменным углом рыхления; *м* — с регулируемым углом рыхления; *н* — с виброударным рабочим органом газодинамического действия; *п* — схема винтоклинового рабочего органа; *р*, *с* — винтоклиновой рабочий орган с газодинамическим интенсификатором

ров с зубьями заднего рыхления повышается на 25...30 % за счет использования холостого хода базового трактора [3].

В рыхлителях статического действия для разработки мерзлых и прочных грунтов используется наконечник зуба, вынесенный вперед по траектории резания (рис. 3.11, *л*), при этом зуб имеет переменный угол рыхления.

Представляет интерес конструкция рыхлителя, в которой по мере износа наконечника зуба с помощью гидроцилиндра управления поддерживается постоянный угол рыхления (рис. 3.11, *м*).

Эффективно также применение гидро- и пневмомолотов, позволяющих получить направленный ударный импульс на разрабатываемый грунтовый массив (рис. 3.11, *н*).

Снижение энергоемкости разработки мерзлого грунта может быть достигнуто за счет использования винтоклинового рабочего органа активного действия (рис. 3.11, *п*). Повысить эффективность рыхлительного оборудования винтового типа можно за счет использования энергии сжатого воздуха, когда рабочий орган внедряется в грунт завинчиванием при одновременном его разрушении (рис. 3.11, *р*, *с*). Производительность рыхлителя газодинамического действия увеличивается в 2...3 раза [3].

Скреперы. Эффективность работы скреперов может быть увеличена при совершенствовании конструкций ковшей и ножевой системы, методов загрузки и разгрузки ковша и т. п.

Процесс заполнения ковша грунтом можно интенсифицировать при использовании специальных конструктивных решений, в частности грунтоперемещающего устройства в виде гребкового захвата, управляемого гидроцилиндрами (рис. 3.12, *а*); установки внутри ковша одного или нескольких шнеков (рис. 3.12, *б*) или роторного загрузочного устройства (рис. 3.12, *в*) в комплексе с грунтоперемещающим в виде шнека (на легких сыпучих грунтах).

Повышение эффективности работы скреперов может быть также достигнуто при использовании двух- и трехсекционных телескопических ковшей (рис. 3.12, *г*). Первоначально заполняется внутренний малый ковш, затем он отодвигается и заполняется сред-

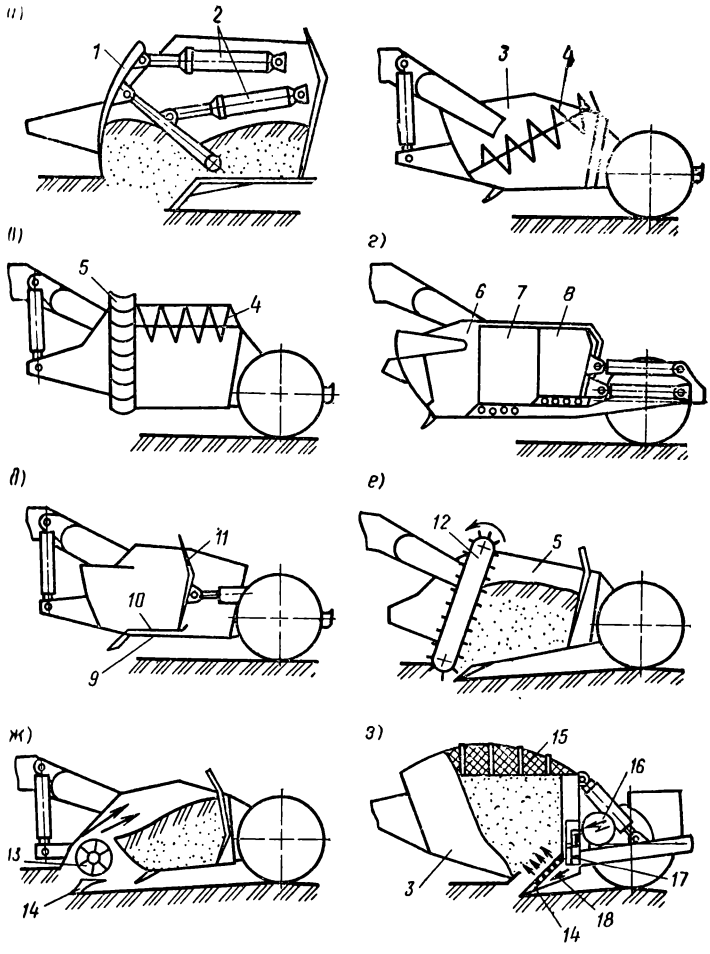


Рис. 3.12. Рабочие органы скреперов интенсифицирующего действия

а — с гребковым захватом; *б*, *в* — со шнековым загружателем; *г* — телескопического типа; *д* — с подвижным днищем; *е* — с элеваторной загрузкой; *ж* — с роторно-лопастным метателем; *з* — с загружателем газодинамического действия; *1* — гребковый захват; *2* — гидроцилиндры; *3* — ковш; *4* — шнек; *5* — роторное загрузочное устройство; *6*, *7*, *8* — ковш соответственно основной и малый; *9*, *10* — соответственно основное и подвижное днища; *11* — задняя стенка; *12* — элеватор; *13* — роторный метатель; *14* — нож; *15* — решетка; *16* — камера сгорания; *17* — распределительный механизм; *18* — выхлопная камера

ний и, наконец, основной ковш. Этот принцип используется также в ковшах с подвижным днищем, где подвижное днище установлено на основном и перемещается совместно с задней разгрузочной стенкой (рис. 3.12, *д*). Это позволяет уменьшить на 15...25 % удельную силу тяги и на 20...35 % энергоемкость процесса копания [3].

Очень широкое применение нашли элеваторные системы заполнения, когда наклонный элеватор захватывает скребками вырезаемый грунт и перемещает его внутри ковша (рис. 3.12, *е*). Представляет интерес применение роторно-лопастного метателя для подачи грунта в ковш (рис. 3.12, *ж*). Однако элеваторные устройства и роторные метатели наряду с преимуществами имеют и недостатки: повышение металлоемкости на 10...20 % и стоимости на 15...25 %, ограниченная надежность и наличие быстроизнашивающихся элементов.

Имеются предложения по созданию скрепера с интенсификатором взрывного (газодинамического) действия (рис. 3.12, *з*), который оборудован устройством для загрузки грунта. Грунт над решеткой выхлопной камеры подхватывается потоком газа и отбрасывается в ковш. Во избежание перелета его через края ковш закрыт сверху решеткой.

Лучшее заполнение ковша грунтом обеспечивается при использовании выступающего среднего ножа прямоугольной формы, изогнутых ножей и т. п. Режущие лезвия с шарнирным креплением зубьев обеспечивают предварительное рыхление и позволяют разрабатывать тяжелые грунты с каменистыми включениями.

Иногда применяются ножи скрепера, удлиненные приваркой листовой рессорной стали на 10...15 см. Они лучше врезаются в грунт, а это приводит к сокращению продолжительности набора грунта и повышению выработки скреперов.

Экскаваторы. Наибольшее распространение получили конструкции ковшей экскаваторов, в которых совершенствуются режущие элементы в виде зубьев (рис. 3.13, *а*). В ковшах конструкции ЦНИИС режущая кромка имеет выпуклую форму в плане и полукруглую в поперечном сечении. При взаимодействии кромки с разрабатываемой средой обеспечивается концентрация усилий в средней части (рис.

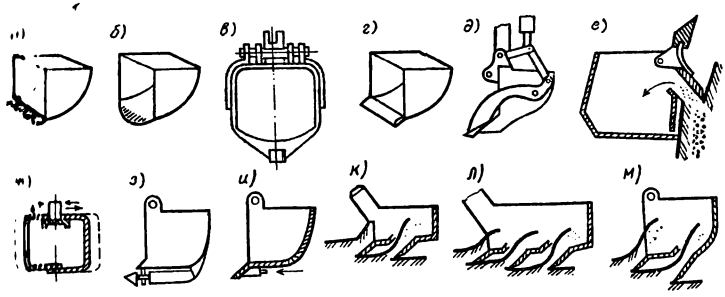


Рис. 3.13. Основные конструкции ковшей одноковшовых экскаваторов

а — с зубьями; *б* — конструкции ЦНИИСа; *в* — конструкции КИСИ; *г* — с прямолинейной режущей кромкой; *д* — с управляемым зачистным устройством; *е* — с использованием обратного хода; *ж* — с регулируемой шириной; *з* — активного действия с пневмомолотами; *и* — с газовоздушной смазкой; *к, л, м* — с двухножевой и многоножевой системами

3.13, *б*). Однако на грунтах с каменистыми включениями эффективность таких ковшей снижается. Повышение эффективности разработки прочных грунтов достигается за счет образования бокового разрушения ковшом конструкции КИСИ, имеющим режущую кромку треугольной формы с режущим зубом в вершине (рис. 3.13, *в*).

Для планировки поверхности дна траншей и котлованов используют на ковше режущую кромку прямолинейной конфигурации (рис. 3.13, *г*). Для этой же цели используют специальное приспособление с откидным зачистным ножом (рис. 3.13, *д*), который управляется двумя пневмоцилиндрами, установленными по бокам ковша. Данное зачистное устройство разработано НИИпромстроем (г. Уфа) совместно с трестом Строймеханизация-2 Главбашстроя и внедрено на экскаваторах ЭО-3322А, ЭО-4121.

С целью эффективного использования обратного хода ДИСИ предложен ковш, срезающий ножом двустороннего действия грунт, вынимаемый из забоя (рис. 3.13, *е*). Ковши с регулируемой шириной без замены оборудования (рис. 3.13, *ж*) используют для разработки траншей различной ширины.

Созданы ковши с использованием новых физических эффектов. Так, например, используют ковши, оснащенные пневмомолотами (рис. 3.13, *з*) (см. § 3.2) для

разработки скальных и мерзлых грунтов. Применяют также газовую смазку поверхности ковша экскаватора (рис. 3.13, *и*), что позволяет снизить сопротивление грунта копанию за счет устранения сил внешнего и внутреннего трения на стенках ковша [3].

Для устранения большого сопротивления грунтов копанию, плохой внедряемости в массив имеются ковши с двух- и многоножевыми системами копания (рис. 3.13, *к*, *л*, *м*).

3.7. Оттаивание мерзлых грунтов

Оттаивание мерзлых грунтов наиболее часто применяют при небольших объемах работ — рытье небольших котлованов, участков траншей, вводов, вблизи подземных сооружений, трубопроводов и кабелей, в труднодоступных местах и стесненных условиях, при необходимости оттаивания замерзшего слоя грунта во время ведения аварийных и ремонтных работ. Реже применяют оттаивание на больших площадях (карьеры, прииски и т. д.).

Для оттаивания мерзлых грунтов используют в основном пар, твердое и жидкое топливо, горячую воду, электроэнергию и дымовые газы.

Оттаивание грунтов твердым и жидким топливом. Наиболее простым способом является отогрев грунта сжиганием торфа, каменного угля и т. п. под металлическим коробом.

Процесс оттаивания мерзлого грунта состоит из воздействия тепла на грунт в течение 7...8 ч и периода аккумуляции его в течение 16...18 ч. Расход топлива на 1 м^3 оттаявшего грунта: торфа 120...140 кг, угля 30...60 кг, дров 0,15 м^3.

Более экономным при разработке траншей является оттаивание грунта жидким топливом с помощью соответствующих установок, в которых топливо (соляровое масло) поступает по шлангу самотеком из бака к форсунке, установленной впереди головного короба. У сопла форсунки топливо распыляется и сжигается (рис. 3.14).

Участок длиной 8 м и шириной 1 м установка оттаивает за 6...8 ч на глубину 20...30 см. Затем установку перемещают на соседний участок, а на поверхность прогретого грунта насыпают опилки слоем 30 см. За

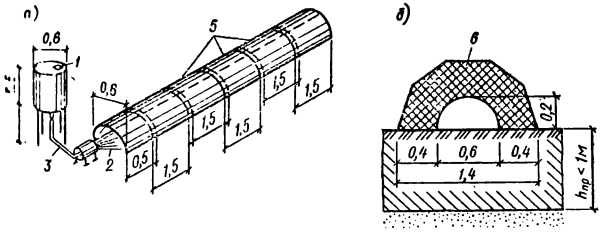


Рис. 3.14. Установка для оттаивания грунта жидким топливом

а — общий вид; б — схема утепления короба; 1 — топливный бак; 2 — форсунка; 3 — рукав для подачи топлива; 4 — головная секция короба; 5 — промежуточная секция короба; 6 — утеплитель

счет аккумуляции тепла через 10...12 ч грунт оттаивает на глубину 0,7...0,8 м. Расход топлива составляет 3...5 кг на 1 м³ грунта.

Оттаивание грунта паровыми, водяными и электрическими иглами. Источником тепла при этом более прогрессивном способе служат стационарные или передвижные установки. В предварительно пробуренные шпуры (скважины) на глубину, не доходящую до талого горизонта на 10...12 см, устанавливают иглы. Электрические иглы ставят: при разработке небольших котлованов — в центре каждого котлована; при разработке узких траншей — по оси с шагом 1 м; при разработке широких траншей — в шахматном порядке на расстоянии, равном глубине промерзания; при разработке больших котлованов — в шахматном порядке на расстоянии 1...1,5 м. Электрические иглы включают в сеть переменного тока напряжением 220 В последовательно группами по 24...35 шт.

Оттаивание следует чередовать с термосным выдерживанием.

Оттаивание мерзлых грунтов электродами и нагревателями. Электропрогрев грунта осуществляют с помощью глубинных электродов из круглой арматурной стали диаметром 16...20 мм или труб диаметром 25...50 мм, заостренных с одного конца. Электроды вставляют в пробуренные скважины или забивают отбойными пневматическими или электрическими молотками.

Электроды вставляют или забивают на глубину

5...10 см ниже мерзлого слоя. Электрический ток, проходя по талому грунту под мерзлым слоем (мерзлый грунт плохо пропускает ток), выделяет тепло, которое аккумулируется и оттаивает вышележащие слои мерзлого грунта.

Трубчатые электронагреватели (ТЭНы) и коаксиальные нагреватели используют при радиальном оттаивании. ТЭНы изготовляются из стальных бесшовных трубок диаметром 8...12 мм, внутри которых находится спираль из нихромовой проволоки диаметром 0,6 мм и длиной 20 м. Пространство между трубкой и спиралью заполняется прессованным периклазом, обладающим хорошей теплопроводностью. ТЭНы отличаются несложностью конструкции и быстротой оттаивания грунта, но при их использовании необходимо укрывать поверхность.

Коаксиальные нагреватели состоят из двух труб, помещенных соосно одна в другую и заваренных с одного конца. Зазор между трубами заполняется кварцевым или речным просушенным песком и заливается жидким стеклом. Напряжение подводится к трубам через контактные пластины. Коаксиальные нагреватели конструктивно просты, безопасны и несложны в эксплуатации, но скорость и радиус оттаивания при их использовании меньше, чем при использовании ТЭНов.

Оттаивание следует чередовать с термосным выдерживанием. В частности, продолжительность первого периода прогрева составляет 6...12 ч, термосное выдерживание — 3...6 ч. Такой цикл, состоящий из прогрева и термоса, повторяют 2—3 раза.

В соответствии со СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве» прогреваемую территорию следует ограждать, устанавливать предупредительные сигналы, а в ночное время освещать. Расстояние между ограждением и контуром прогреваемого участка должно быть не менее 3 м. На участках прогреваемой площади, находящихся под напряжением, пребывание людей не допускается.

Линии временного электроснабжения прогреваемых участков надлежит выполнять изолированным проводом, а после каждого перемещения электрооборудования и прокладки электропроводок следует визуально проверять их исправность. Все электроустановки должны быть заземлены.

Работы, связанные с электропрогревом грунта, должны осуществляться в соответствии с ГОСТ 12.1.013—78.

Оттаивание мерзлых грунтов следует применять только в тех случаях, когда невозможно или нецелесообразно использовать более экономичные способы механического и взрывного их разрушения, а также предварительного рыхления грунтов перед наступлением заморозков.

3.8. Предохранение грунтов от промерзания

Особенности способов предохранения грунтов от промерзания заключается в том, что они не требуют дополнительной энергии перед разработкой грунта, что определяет малую энергоемкость способов, т. е. их можно отнести к ресурсосберегающим. Они позволяют исключить из технологического цикла производства зимних земляных работ процессы разрушения или оттаивания мерзлых грунтов, являются наиболее дешевыми и экономичными.

Однако в использовании способов предохранения грунта от промерзания имеются трудности планово-организационного характера: в городских условиях площадка нередко высвобождается только к началу строительства, имеются трудности с транспортировкой и хранением материалов и химических компонентов, нет специализированного оборудования и механизмов и т. д. Отсюда сравнительно небольшой процент работ, выполняемых с помощью этих способов (в настоящее время около 2 %).

Основные способы предохранения грунта от промерзания. Грунт от промерзания предохраняют вспахиванием, боронованием, глубоким рыхлением, утеплением теплоизоляционными материалами, путем устройства льдозащитной оболочки, утеплением деревянными щитами и лежнями со слоем утеплителя (валежника, хвороста, опилок и т. п.), а также покрытием быстротвердеющей пеной (пенопластом) и введением в грунт химических реагентов (хлористого кальция или натрия и т. д.).

Подготовительные работы по предохранению грунта от промерзания осуществляют поздней осенью, перед наступлением заморозков. Из перечисленных вы-

ше способов наиболее простым и экономичным (при условии разработки грунта в течение первой трети зимы) является *вспахивание* и *боронование* с осени на глубину не менее 0,3 м. Большой эффект достигается за счет снегозадержания и утепления поверхности. Для вспашки верхнего слоя земли используют плуги и статические рыхлители. Способ применяют наиболее часто в средней полосе СССР, на больших и малых площадях.

Одним из эффективных способов предохранения грунтов от промерзания является предварительное глубокое рыхление (до 1,3...1,5 м) с помощью экскаваторов типа «прямая лопата». Образующаяся при рыхлении гребенчатая поверхность задерживает снег, который, в свою очередь, способствует также предохранению грунта от промерзания.

Предварительное рыхление (поздней осенью) осуществляется экскаватором, оборудованным прямой лопатой, путем раскидывания зачерпнутого грунта (рис. 3.15, *а*). Сначала лобовой проходкой при работе в отвал создают траншею 1,3...1,5 м, которую при последующей проходке (боковой) засыпают грунтом вновь создаваемой траншеи, и т. д. По верху будущего котлована создают слой разрыхленного грунта толщиной 0,3...0,4 м, который задерживает на поверхности снег, способствуя этим предохранению грунта от промерзания. Дополнительную проходку за пределами котлована засыпают. Зимой мерзлая корка разрыхленного грунта с толщиной значительно меньше глубины промерзания грунта в естественном состоянии легко разрабатывается экскаватором с ковшом вместимостью 0,5 м^3 и выше.

Предохранить грунт можно и путем окучивания (рис. 3.15, *б*). Этот способ может быть применим при ширине будущей выемки (не более) 10...12 м.

Небольшие поверхности грунта предохраняют от промерзания путем *утепления теплоизоляционными материалами* (опилками, соломой, сеном, шлаком, листвой и т. д.).

В последние годы в качестве теплоизоляционного материала находит применение быстротвердеющая пена, наносимая на поверхность грунта с наступлением устойчивой отрицательной температуры воздуха. Быстротвердеющая пена (пенопласт) обладает высокой

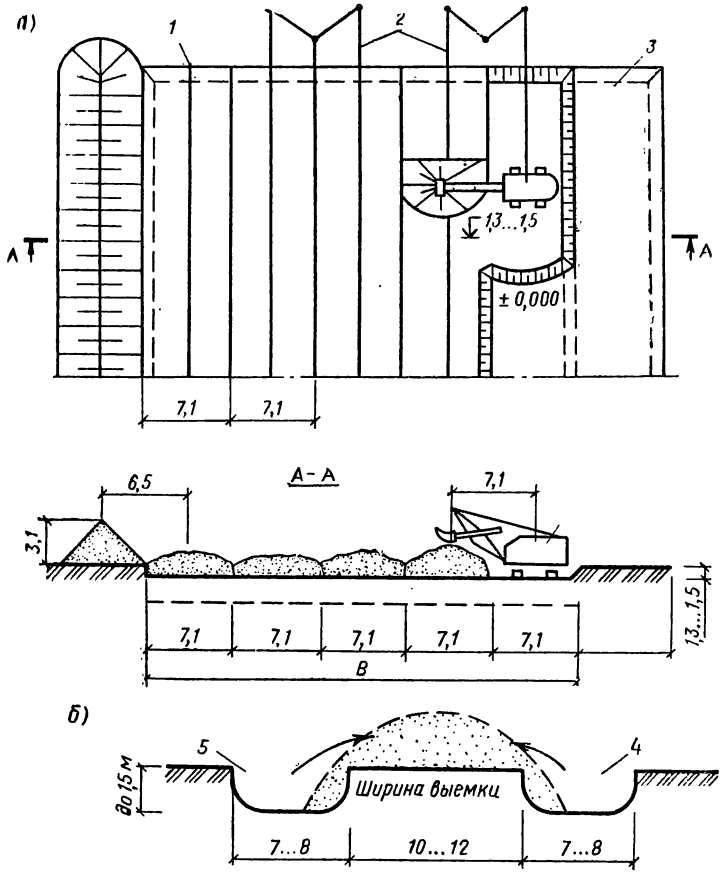


Рис. 3.15. Схема предохранения грунта от промерзания

а — методом перелопачивания; *б* — методом окучивания; *1* — начало работы; *2* — оси проходок; *3* — дополнительная проходка; *В* — ширина котлована; *4*, *5* — вторая и первая проходки

пористостью и в замерзшем виде хорошо предохраняет грунт от промерзания. Слой пены толщиной 30...50 см отдаляет начало замерзания грунта на 1,5...2 мес. Толщину пенопласта можно принимать из расчета 10...15 см на 1000 градусо-дней отрицательной температуры. Пену приготовляют и наносят с помощью пенотенерирующих установок.

Химический способ предохранения грунта применя-

ется в условиях средней и южной полосы страны, где температура на поверхности грунта под слоем снега не опускается ниже —15 °С. Осенью соль (технический хлористый натрий или хлористый калий) укладывают на очищенную поверхность грунта или вносят в грунт на глубину 10...25 см инфильтрацией соляного раствора, а также инъецированием его в грунт (при тяжелых глинистых грунтах).

Следует иметь в виду, что площадь утепленного грунта, подлежащего разработке в разные месяцы зимы, должна иметь разную толщину слоя утепляющих материалов.

При определении необходимой минимальной толщины слоя утепляющих материалов за исходную величину надо принимать глубину промерзания разрабатываемого грунта в данном географическом пункте $h_{пр}$ за вычетом допустимой глубины промерзания для заданного экскаватора $h_д^7$, т. е. величину $h_с = h_{пр} - h_д^7$.

Глава 4
Производство земляных работ при реконструкции предприятий

4.1. Особенности производства работ

Производство земляных работ при реконструкции промышленных предприятий имеет ряд особенностей:

стесненные условия в цехах с действующим производством и на территории (здания, сооружения, коммуникации);

сжатые сроки производства работ;

необходимость отрыва котлованов вблизи существующих фундаментов на глубину, превышающую отметку заложения фундаментов, а также в насыпных грунтах, содержащих включения твердых предметов (кирпич, железобетон, сцементированный шлак, куски металла и др.);

необходимость разборки во многих случаях до на-

чала земляных работ покрытий дорог, площадок, полов;

обеспечение достаточного уплотнения грунта при обратной засыпке для устройства покрытия полов, дорог и др.;

большое число ограничений в технологии земляных работ (невозможность применения машин с двигателями внутреннего сгорания на внутрицеховых работах, динамического воздействия на грунт вблизи коммуникаций, применения искусственного водопонижения и др.);

отсутствие (во многих случаях) мест для временного хранения грунта, разработанного в котлованах и траншеях;

относительно большой объем работ, выполняемых вручную из-за трудности применения средств механизации.

Наиболее характерной особенностью производства земляных работ при реконструкции предприятий является стесненность, как при внутрицеховых, так и при внутриплощадочных работах.

Стесненность при производстве внутриплощадочных работ может быть вызвана наличием близко расположенных существующих зданий и сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей и т. п. Это препятствует применению землеройной техники, резко снижает ее производительность и увеличивает объем ручных работ. Например, подземные коммуникации и транспортные магистрали при прокладке инженерных сетей к сооружаемому объекту не позволяют использовать существующие средства механизации с полной производительностью, так как в местах пересечений с этими коммуникациями их применить невозможно, а подобные пересечения встречаются довольно часто.

Производство внутрицеховых работ, осуществляемое внутри действующих цехов, сопряжено с необходимостью выполнения их в крайне стесненных условиях, на ограниченных по размерам участках среди станков и цехового оборудования. Производственная среда действующих цехов предприятий (запыленность, загазованность, шум, вибрация и т. д.) часто является причиной снижения производительности труда строительных рабочих. В некоторых случаях, наоборот, произ-

водственная среда промышленного предприятия не допускает даже малейшей запыленности воздуха. В этом случае бывает очень трудно организовать и механизировать строительно-монтажные работы по усилению и замене конструктивных элементов здания, в том числе связанные с ними земляные работы.

Значительную трудность в условиях действующего цеха представляет организация работ по разработке и отвозке грунта, а также по водоотливу.

В составе ППР(р) должен быть разработан раздел «Производство земляных работ», основными вопросами и документами которого являются:

стройгенплан, на котором обозначаются места выполнения земляных работ, пересекающие их и расположенные на них коммуникации, геодезические знаки, пути движения землевозного транспорта, места стоянок машин для земляных работ, установки временных инвентарных зданий;

объемы земляных работ с указанием их вида, места выполнения;

графики выполнения работ с указанием числа смен и условий выполнения и графики работы машин;

технологические схемы выполнения всех основных работ с уточнением состава комплектов машин, бригад рабочих и др.;

конструкции приспособлений, оснастки, вспомогательных устройств, требующихся для выполнения работ;

указания по контролю качества, технике безопасности для рабочих, занятых на реконструкции и для рабочих реконструируемого предприятия;

мероприятия по охране окружающей среды.

Подготовка к выполнению земляных работ. При подготовке к производству земляных работ должно быть осуществлено следующее:

обозначено на местности положение всех коммуникаций, проходящих в зоне работ;

установлено положение геодезических знаков, требующихся для проведения работ (в необходимых случаях должны быть установлены временные реперы);

подготовлены и подвезены все материалы и приспособления, требующиеся для выполнения работ (крепления стен выработок, предохранения вскрываемых коммуникаций, лестницы для спуска в выемки и т. п.);

снят и обвалован растительный грунт, включая временные дороги и места временной укладки материалов;

разобраны конструкции, подлежащие сносу на местах разработки выемок, покрытия полов, дорог, площадок и т. п.

4.2. Крепление стенок выемок

В условиях реконструкции, особенно внутри цехов, устраивают выемки обычно с вертикальными стенками и значительно реже — с откосом (в одну или две стороны).

Крепление стенок выемок с вертикальными стенками (рис. 4.1) в стесненных условиях наиболее часто применяют консольные и консольно-распорные, а также анкерные, подкосные и распорные, выполняемые из дерева, металла, железобетона и их комбинаций. В отдельных случаях в качестве креплений выемок применяют методы химического и термического закрепления (рис. 4.1, *з*), цементации и замораживания. Небольшие глубокие котлованы в особо стесненных условиях (вблизи фундаментов существующего оборудования, зданий и сооружений при глубине их заложения выше отметки дна устраиваемого котлована) разрабатывают в опускных колодцах (рис. 4.1, *ж*).

Консольное (консольно-распорное) крепление (рис. 4.1, *а*) устраивают при внешних ограничениях, не позволяющих применять анкерные крепления, для обеспечения свободного пространства внутри выемки и сокращения сроков производства СМР. Оно выполняется при глубине выемки: до 3 м — из деревянного шпунта, до 6 м — из металлического шпунта, до 10 м — из буронабивных свай, или монолитных и сборных железобетонных конструкций, выполняемых методом «стена в грунте».

При значительной глубине котлована (более 8 м), при невозможности устройства анкерных креплений и постановки расстрелов внутри котлована крепление выполняют из двух рядов буронабивных свай. При устройстве буронабивных свай вблизи расположения фундаментов (первый ряд) их следует бетонировать без извлечения обсадных труб, а устройство второго ряда — с извлечением обсадных труб с одновременным заполнением скважин бетонной смесью.

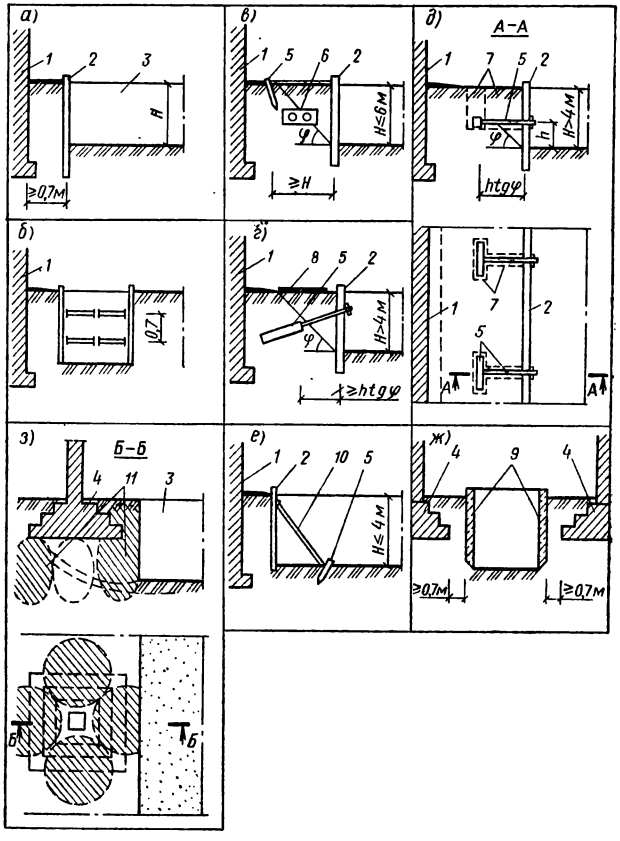


Рис. 4.1. Виды крепления стенок выемок в стесненных условиях

а — консольное; *б* — распорное; *в* — анкерное, с анкером на поверхности земли; *г* — то же, с анкером в скважине; *д* — то же, с анкером в Т-образной траншее; *е* — подкосное; *ж* — опускной колодец; *з*—закрепление грунта; *1* — существующие конструкции; *2* — ограждающая конструкция; *3* — котлован; *4* — фундамент; *5* — анкер; *6* — существующие коммуникации; *7* — траншея для устройства анкера; *8* — дорожное покрытие; *9* — опускной колодец; *10* — подкос; *11* — массив закрепленного грунта

Консольное крепление при глубине котлована более 6 м часто выполняют комбинированным — из металлического шпунта и буронабивных свай в два этапа. При этом шпунтовую стенку (первый этап) располагают со стороны рядом существующих фундаментов, а буронабивные сваи (второй этап) со стороны котлована.

В процессе разработки грунта из котлована буронабивные сваи хомутами прикрепляют к шпунтовому ряду.

Если рядом расположенные конструкции устойчивы к вибрационным воздействиям, то при устройстве шпунтовых стенок из металлических свай применяют вибропогружение. В остальных случаях погружение шпунта выполняют методом вдавливания.

При наличии рядом с устраиваемой выемкой подземных коммуникаций (трубопроводы, коллекторы, галереи и т. д.) применяют анкерное крепление, при этом анкеры располагают на поверхности земли (рис. 4.1, *в*) или заглубляют. При свободной зоне вокруг устраиваемой выемки анкеры могут быть заглублены на 2 м и более в предварительно открываемые Т-образные траншеи (рис. 4.1, *д*).

Если на поверхности земли рядом с устраиваемым котлованом расположены какие-либо конструкции (дорожное полотно, трубопроводы и т. п.), анкеры устраивают путем забуривания скважин со стороны разработанного котлована. Скважины забуривают под заданным углом к горизонту, диаметром 20—30 см и глубиной 8—20 м, обеспечивая расположение части скважины за пределами возможной призмы обрушения (рис. 4.1, *г*). В скважины устанавливают анкерные оттяжки из стальных труб, стержней периодического профиля диаметром 18—40 мм или высокопрочной проволоки в виде пучков, прядей или канатов. Затем в пробуренную скважину нагнетают цементный раствор и тем самым закрепляют анкерные оттяжки по всей длине или в нижней части скважины. Со стороны стенки их закрепляют на продольных поясах, устраиваемых из двутавровых балок вдоль стенки котлована.

В условиях реконструкции предприятий при устройстве крепления стенок небольших котлованов все чаще применяют метод торкретирования с помощью цемент-пушки или бетон-шприц-машины. Набрызг бетонной смеси производится под высоким давлением; ее частицы при нанесении первого слоя проникают в мягкий грунт, а при нанесении последующих слоев — в не успевшую еще затвердеть бетонную смесь предыдущего слоя. В ряде случаев по грунту или между соответствующими слоями укладывается арматурная сет-

ка. В результате получают монолитную конструкцию с толщиной слоя около 75 мм.

При сооружении глубоких котлованов стенки торкрет-бетоном крепят обычно уступами. В случае значительной толщины торкрет-бетона он может быть заанкерен за пределами котлована, что избавляет от необходимости применения распорок.

Метод торкретирования эффективен при креплении стенок котлованов, устраиваемых в связных грунтах нормальной влажности. Его не рекомендуется использовать при сооружении котлованов в песчаных грунтах и при сильном притоке грунтовых вод.

4.3. Разработка грунта в котлованах и траншеях

Схемы применения экскаваторов. Устройство котлованов и траншей, являющихся наиболее характерными земляными сооружениями при реконструкции промышленных предприятий, осуществляют в основном экскаваторами, бульдозерами и погрузчиками различных типов. При производстве земляных работ в условиях реконструкции предприятий осуществляются в основном те же операции, что и при строительстве новых объектов: выемка грунта и зачистка дна выемки; обратная засыпка, уплотнение грунта. Однако эти операции осуществляют обычно в стесненных и более сложных условиях, что приводит к снижению производительности машин, увеличению объемов ручного труда в ряде случаев, к переходу на малогабаритное и более маневренное оборудование.

Для устройства котлованов и траншей в стесненных условиях при реконструкции предприятий наиболее часто используют гидравлические экскаваторы 2-й и 4-й размерной группы с вместимостью основного ковша 0,25—1 м^3. К ним относятся серийно выпускаемые предприятиями Минстройдормаша универсальные полноповоротные гидравлические экскаваторы 3-й и 4-й размерных групп, имеющие составную стрелу: на пневмоколесном ходу ЭО-3322Б и ЭО-4321, вместимостью основного ковша 0,5 и 0,65 м^3, отличающиеся высокой мобильностью и маневренностью; на гусеничном ходу ЭО-3121А (Э-5015А), ЭО-4121А с вместимостью основного ковша соответственно 0,5 и 1 м^3. Кроме полно-

поворотных гидравлических экскаваторов значительное распространение получил полуповоротный гидравлический экскаватор ЭО-2621А на базе колесного трактора МТЗ-50.

В зависимости от положения вблизи расположенных конструкций (фундаментов колонн, шпунтового ограждения и т. п.) работа экскаваторов с оборудованием обратной лопаты производится продольными (рис. 4.2, *а*) или боковыми (рис. 4.2, *б*) проходками. При этом автосамосвалы могут располагать как на уровне стоянки экскаватора, так и на дне выемки при наличии съезда в нее. В ряде случаев из-за вблизи стоящих конструкций поворот экскаватора на разгрузку осуществляют только при минимальном радиусе поворота ковша, что увеличивает продолжительность цикла экскаватора.

К экскаваторам ЭО-2621А и Э-5051А разработано сменное оборудование для смещения оси копания обратной лопаты, обеспечивающее разработку грунта в стесненных местах вблизи стен зданий и сооружений или существующих конструкций. Оборудование со смещенной осью копания для экскаватора ЭО-2621А обеспечивает выгрузку грунта в отвал, а для экскаватора Э-5015А также и в автотранспорт.

При разработке грунта в траншее, пересекающей существующие инженерные коммуникации, рекомендуется применять гидравлические экскаваторы ЭО-3322Б и ЭО-4321, оборудованные обратной лопатой и позволяющие разрабатывать грунт при максимальном приближении к существующим коммуникациям (рис. 4.3). При этом направление перемещения экскаватора в стесненных условиях происходит по зигзагу или прямой линии в зависимости от расположения коммуникаций: вдоль траншеи, поперек траншеи или под углом к ней.

Разработка грунта в котлованах и траншеях глубиной до 6 м обычно производится экскаваторами, оборудованными обратной лопатой. Грунт разрабатывается торцевыми и боковыми проходками.

Экскаваторы с прямой лопатой применяют в отдельных случаях при выделении участка цеха с въездом через разобранную стену. Работы по разборке стены и устройству пионерной траншеи (съезда в котлован) выполняют в подготовительный период.

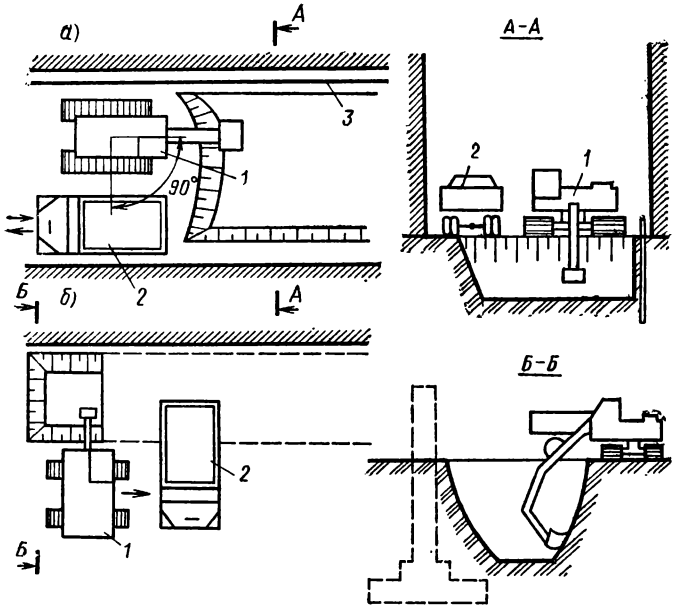


Рис. 4.2. Разработка грунта экскаватором с оборудованием обратной лопатой вблизи конструкций

а — лобовой проходкой; *б* — боковой проходкой; *1* — экскаватор; *2* — автосамосвал; *3* — шпунт

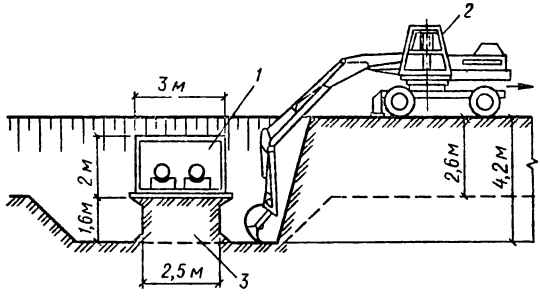


Рис. 4.3. Разработка грунта в траншее, пересекающей существующие инженерные коммуникации, гидравлическими экскаваторами ЭО-3322Б и ЭО-4321

1 — существующий коллектор теплосети; *2* — экскаватор; *3* — грунт, разрабатываемый вручную

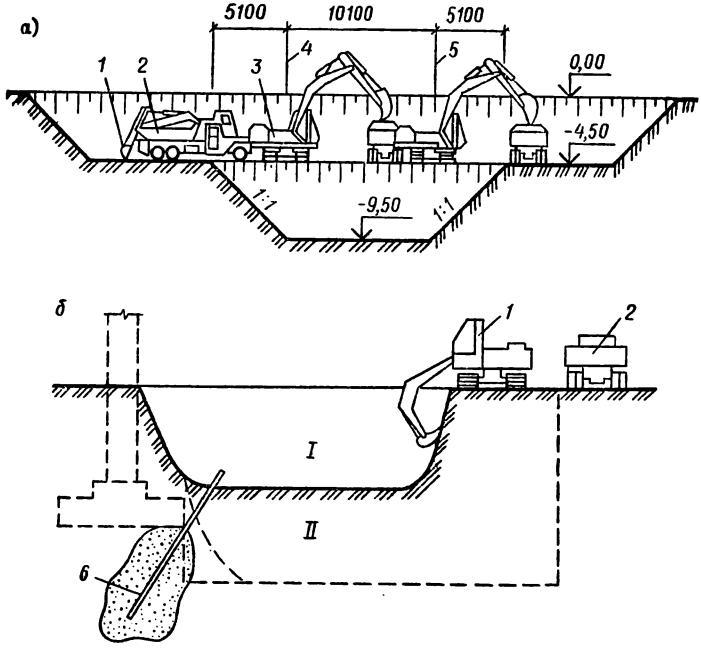


Рис. 4.4. Разработка грунта в котловане в два яруса

а — при отсутствии конструкций; *б* — при наличии вблизи фундамента; *I*, *II* — ярусы разработки; *1* — экскаватор ЭО-3322В; *2* — автосамосвал; *3* — экскаватор ЭО-4121А № 2; *4* — ось проходки экскаватора ЭО-4121А № 2; *5* — ось проходки экскаватора ЭО-4121А № 1; *6* — инъектор

При разработке более глубоких котлованов все чаще используют гидравлические экскаваторы с выемкой грунта ярусами. Так, например, в технологическом процессе устройства котлована глубиной 12 м в грунтах I—III групп по трудности разработки, с местными выемками под фундаменты оборудования промышленного объекта применяют в качестве ведущих машин экскаваторы ЭО-4121А, оборудованные прямой или обратной лопатой. Технология предусматривает ведение работ в два яруса с погрузкой грунта в автосамосвалы КрАЗ-256Б (рис. 4.4, *а*).

При наличии вблизи расположенных фундаментов колонн и технологического оборудования, находящихся выше проектной отметки дна намечаемой выемки, работа обычно производится в два яруса: сначала

вынимается грунт I яруса, затем производят закрепление грунта под фундаментами (рис. 4.4, *б*), а после этого разрабатывают грунт до проектной отметки дна котлована.

В крайне стесненных условиях или при невозможности подъема в рабочую зону экскаваторы с ковшом вместимостью 0,15...0,25 м^3 могут быть поданы в выемку стреловым или мостовым краном. Разработку грунта осуществляют экскаватором с погрузкой в бадьи для последующей транспортировки краном из стесненной зоны.

Экскаваторы, оборудованные драглайном, применяют при разработке грунта в котлованах и траншеях глубиной более 6 м. В цехах с сеткой колонн 12×12 м котлован разрабатывают за одну проходку экскаватора, а при сетке колонн 12×24 м — за две проходки со смещением оси движения экскаватора в сторону колонн. Автосамосвалы подают под погрузку в середине пролета при первой и второй проходках.

Для транспортировки грунта в стесненных условиях внутри действующих цехов, где не могут быть применены автосамосвалы, следует использовать малогабаритные погрузчики, мототележки, а также мостовые краны (для доставки бадей с грунтом).

Для зачистки и планировки грунта под проектную отметку дна котлованов с малыми размерами в плане и узких траншей в последнее время созданы различное оборудование, устройства и приспособления, устанавливаемые на экскаваторе. К такому оборудованию относятся: ковш с прямолинейной режущей кромкой, планировочные насадки и скребки к ковшам экскаватора; устройства для контроля глубины копания (глубиномеры); специальные устройства и автоматические системы, обеспечивающие прямолинейное движение ковша, различные специальные виды рабочего оборудования.

Применение специальных ковшей с прямолинейной режущей кромкой, насадок на зубья ковша и скребков позволяет уменьшить объемы ручных работ по зачистке и планировке грунта дна котлована, однако, как правило, полностью их не исключает, так как точность выполнения работ целиком зависит от квалификации машиниста. Повысить точность выполнения работ экскаватором с различным рабочим оборудованием позво-

лист применение устройства для автоматического контроля глубины копания.

Наиболее эффективными средствами, обеспечивающими исключение ручных работ по разработке грунта после экскаватора, являются устройства, спрямляющие движение ковша экскаватора по прямолинейной траектории. Такие автоматические устройства для спрямления траектории ковша гидравлических экскаваторов созданы во ВНИИстройдормаше и для экскаватора Э-1514 в Днепропетровском филиале НИИСП Госстроя УССР. Рабочее оборудование экскаваторов, имеющих такие устройства, становится универсальным и может быть использовано как для работ по отрывке котлованов и траншей, так и для планировки их дна.

Для зачистки дна траншей рационализаторы треста № 33 Главзапстроя подготовили и внедрили комплект навесного оборудования к экскаватору Э-652Б (рис. 4.5) в виде П-образного ножа, укрепленного на боковых кронштейнах. Для управления им служат пневмоцилиндры, которые, как и нож, крепятся на ковше экскаватора. Во время выемки грунта нож находится в верхнем нерабочем положении и удерживается фиксатором. В нижнее рабочее положение нож можно перевести за несколько минут. Для фиксации в рабочем положении существует стопорный палец.

При разработке грунта одноковшовыми гидравлическими экскаваторами широко применяют зачистное устройство конструкции НИИпромстроя, которое устанавливается на экскаваторный ковш с зубьями обратной лопаты (рис. 4.6). Устройство также состоит из ножа, выполненного в виде прямолинейной планки, которая закреплена на поворотных рычагах. Поворот рычагов в нижнее рабочее и верхнее нерабочее положение осуществляется при помощи шатунно-кривошипных устройств, приводимых в движение пневмоцилиндрами. В нерабочем положении зачистное устройство удерживается защелкой. Управление зачистным устройством осуществляется из кабины экскаватора.

Грунт с помощью таких устройств разрабатывается экскаватором по заданной схеме с недобором, составляющим 15—20 см до проектной отметки. В это время зачистное устройство, смонтированное на ковше, находится в нерабочем положении. Для разработки недобора приводится в рабочее положение откидной пря-

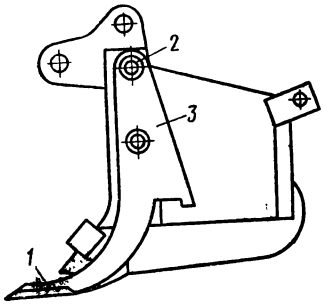


Рис. 4.5. Универсальный ковш с П-образным ножом

1 — режущая кромка; *2* — узел крепления; *3* — кронштейн

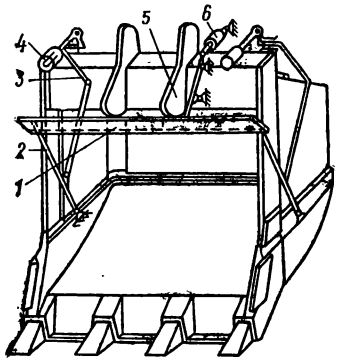


Рис. 4.6. Зачистное устройство НИИпромстроя

1 — режущий нож; *2* — поворотный рычаг; *3* — шатунно-кривошипное устройство; *4, 6* — пневмоцилиндр; *5* — защелка

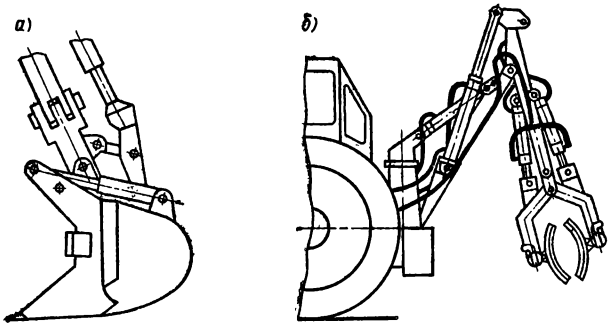


Рис. 4.7. Специальное рабочее оборудование на базе экскаваторов

а — челюстной ковш (а. с. № 1051165); *б* — устройство для монтажа и демонтажа труб (а. с. 1051165)

молинейный нож. Грунт срезается слоями толщиной 5—10 см острой режущей кромкой с переменным углом резания. При этом отклонение отметок с дна котлована и траншей от проектных обычно составляет ±5 см.

Для производства зачистных и планировочных земляных работ при устройстве котлованов и траншей, а также для зачистки откосов земляных сооружений

эффективно применение экскаватора ЭО-3322Б и особенно ЭО-3322В, оснащенного полуавтоматической системой для производства планировочных работ. Экскаватор ЭО-3322В поставляется с экскавационно-планировочными ковшами вместимостью 0,5 и 0,4 м^3, а также с планировочным отвалом.

Новое рабочее оборудование экскаваторов многоцелевого назначения. При работе в стесненных условиях и при реконструкции предприятий могут быть использованы новые конструкции рабочего оборудования гидравлических экскаваторов для земляных, погрузочно-разгрузочных и других видов работ.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ, разборке завалов на строительных и реконструируемых площадках, а также установке бордюрных камней и укладке труб целесообразно применять специальное рабочее оборудование (рис. 4.7, *а*). Оно включает челюстной ковш, который может поворачиваться в плоскости, перпендикулярной продольной оси рабочего оборудования в обе стороны, и гидроцилиндры управления передней челюстью. Задняя челюсть при помощи двухшарнирной вставки с взаимно перпендикулярными осями шарниров соединяется с рукоятью [3].

На базе неполноповоротного экскаватора разработано устройство для монтажа и демонтажа труб (рис. 4.7, *б*), ремонта и реконструкции водопроводной, канализационной и других систем. Устройство состоит из гидравлического захвата, содержащего шарнирно соединенные челюсти со сменными захватными челюстями. Для лучшей приспосабливаемости на планировочных работах, при образовании откосов траншей целесообразно обеспечить движение рабочего органа экскаватора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, как это предложено в патенте США (рис. 4.8, *а*).

Существующие ковши экскаваторов мало пригодны для выполнения зачистных работ, для разработки узких траншей шириной менее 1 м, в том числе имеющих переменную ширину, и малообъемных выемок. В связи с этим создан специальный челюстной ковш (рис. 4.8, *б*), совмещающий в себе возможности обратной лопаты и грейфера, а также зачистного устройства. Ковш состоит из двух челюстей, шарнирно за-

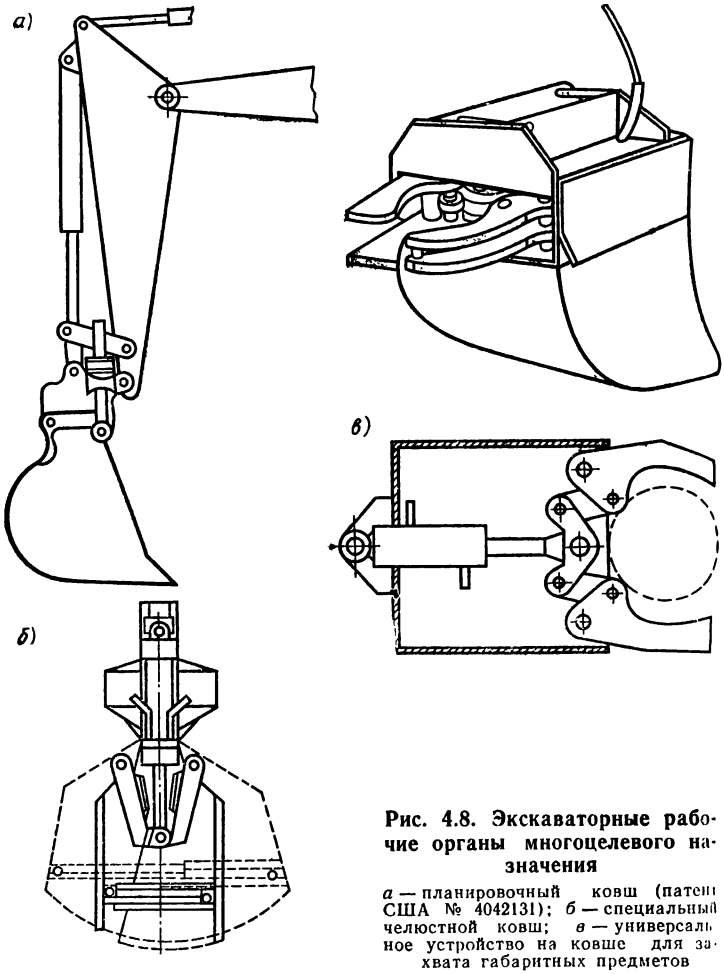


Рис. 4.8. Экскаваторные рабочие органы многоцелевого назначения

а — планировочный ковш (патент США № 4042131); *б* — специальный челюстной ковш; *в* — универсальное устройство на ковше для захвата габаритных предметов

крепленных на общей оси. Нижние части челюстей представляют собой цилиндрические поверхности, что позволяет им заходить одна за другую и тем самым изменять ширину. В верхней части челюстей имеются тяги, к которым прикреплен шток гидроцилиндра. На задних стенках челюстей установлено телескопическое планировочное устройство, выполненное в виде двух ножей, каждый из которых с одной

стороны закреплен в задней стенке большей и меньшей челюстей посредством шарниров.

Универсальное экскаваторное оборудование (рис. 4.8, *в*), состоящее из ковша и устройства из двух зубьев, предназначено для захвата, удержания и установки столбов, труб и других габаритных предметов, что очень важно при реконструктивных работах. Зубья управляются гидроприводом, встроенным в специальный кожух ковша.

Представляет интерес предложенное патентом Франции № 2194848 экскаваторное оборудование (рис. 4.9, *а*), включающее возможность поочередного использования ковша и гидромолота с приводом поворота. Оборудование позволяет разрушать скальные и мерзлые грунты, асфальтобетонные покрытия и т. п. с последующей отгрузкой разрушенных кусков ковшом экскаватора.

Конструкция экскаваторного оборудования с челюстным захватом (рис. 4.9, *б*) имеет помимо традиционной ковшевой части дополнительную поворотную челюсть с передней режущей кромкой в виде зубьев и задним прямолинейным ножом (патент США № 3854608). Поворотная челюсть охватывает основную часть, обеспечивая увеличение вместимости ковша. Такой ковш может быть использован в качестве грейфера и для захвата грузов в виде труб, бревен и и т. п.

При работе гидравлических экскаваторов предлагается использовать нетрадиционное оборудование, к которому можно отнести конструкцию бетонолома (рис. 4.9, *в*), предназначенного для взламывания дорожного покрытия при ремонтных и реконструктивных работах. К стреле закреплена рукоять, на которой шарнирно установлен захват, управляемый гидроцилиндром.

Созданы экспериментальные образцы экскаваторов-манипуляторов на базе экскаваторов ЭО-3322Б (СКБ «Строймеханизация» Минстроя СССР), ЭО-3324 (НПО ВНИИСтройдормаш и НПО «Ленстройробот»). Они могут успешно работать как прямые и обратные лопаты, грейферы, трубоукладчики, могут захватывать различные грузы и манипулировать с ними, что очень важно в условиях реконструкции предприятий. Испытание машин в производственных

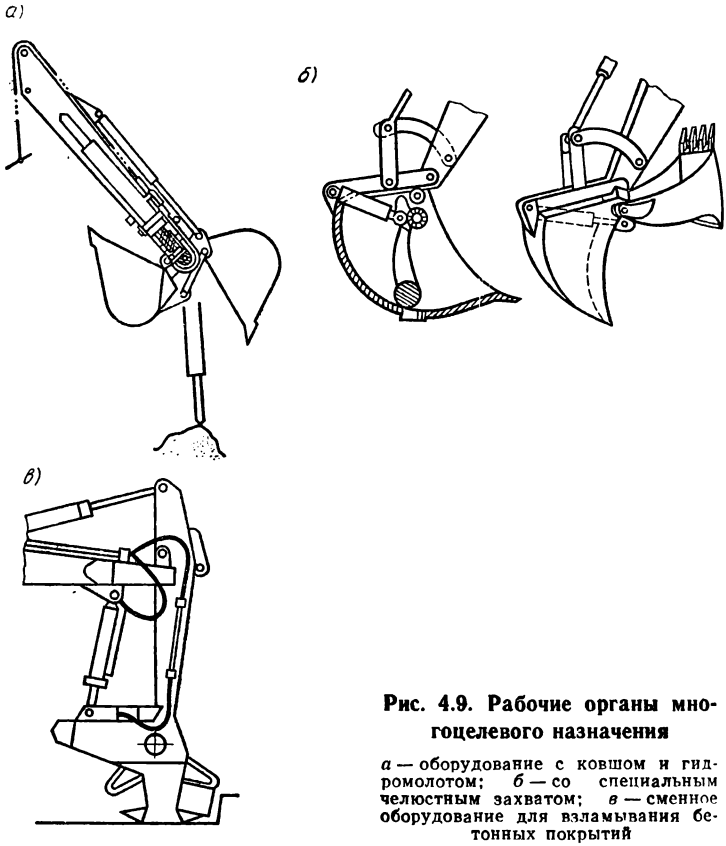


Рис. 4.9. Рабочие органы многоцелевого назначения

а — оборудование с ковшом и гидромолотом; *б* — со специальным челюстным захватом; *в* — сменное оборудование для взламывания бетонных покрытий

условиях показало также и их основные недостатки: наличие рукавов высокого давления в зоне копания, сложность конструкции, недостаточная надежность машины и др. [3].

В последние годы МАДИ и ДИСИ разработаны многоцелевые манипуляторные рабочие органы на базе экскаваторов ЭО-12621А, ЭО-3322А, а также на гусеничных и пневмоколесных тракторах и спецшасси. Рабочие органы включают: ковши обратной лопаты с челюстным захватом, в том числе с двухшарнирной вставкой, обеспечивающей дополнительную степень свойства, а также двухпальцевый схват [4].

Так, для условий реконструкции предприятий пред-

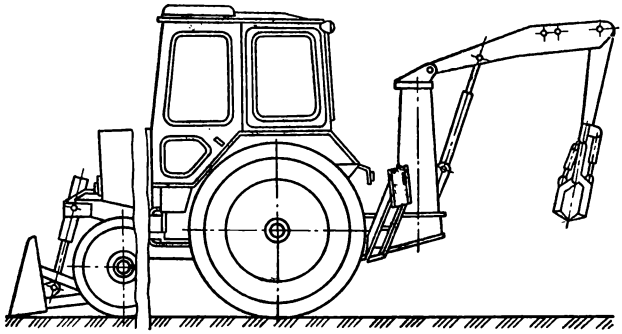
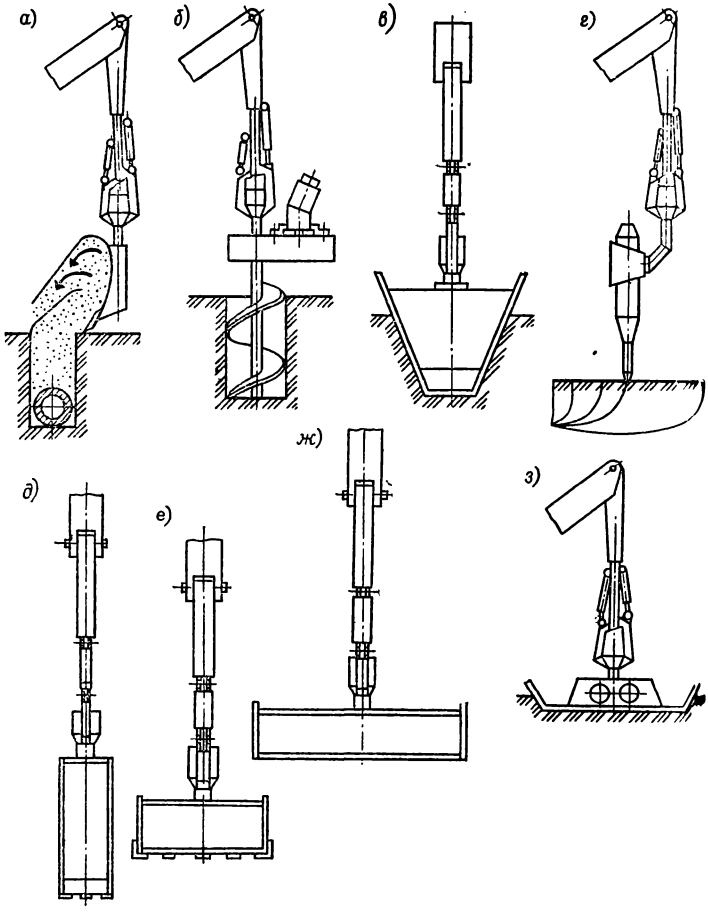


Рис. 4.10. Многоцелевое манипуляторное оборудование с двухпальцевым схватом на базе трактора на пневмоколесном ходу

ставляет большой интерес манипуляторное оборудование с двухпальцевым схватом на базе тракторов (рис. 4.10). Двухпальцевый схват строительного манипулятора помимо захвата предмета и манипулирования им выполняет без замены рабочего органа операции рыхления мерзлых и прочных грунтов, извлечения мелких железобетонных изделий из грунтового массива и т. п.

Наличие двухпальцевого схвата позволяет захватывать отдельные органы из комплекта быстросъемных рабочих органов, снабженных универсальными присоединительными оголовками. Комплект быстросменных рабочих органов к строительному манипулятору многоцелевого назначения включает: отвал для работы в стесненных и труднодоступных условиях строительства и реконструкции; гидромолот; ковши различного назначения, крюк для погрузочно-разгрузочных работ; базовую установку для разработки мерзлого грунта, асфальта; ножницы для резки арматуры и др. Общая схема работы манипуляторным оборудованием с отдельными видами рабочих органов представлена на рис. 4.11. Эффективность рабочего оборудования многоцелевого назначения с двухпальцевым схватом наиболее эффективна при наличии на борту базовой машины комплекта быстросъемных рабочих органов в условиях мелких рассредоточенных объемов работ, при реконструкции предприятий.

Оборудование для устройства вытрамбованных



котлованов. Все более широкое использование метода устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах как при новом строительстве, так и при реконструкции предприятий обусловило развитие рабочего оборудования в виде падающих грузов (штампов), навешиваемых на базовые машины. При этом используется масса штампа 2...16 т, а глубина котлована составляет 1...2,7 м [3].

Применение экскаваторов со стрелой драглайна (рис. 4.12, *а*) позволяет получить максимальную вы

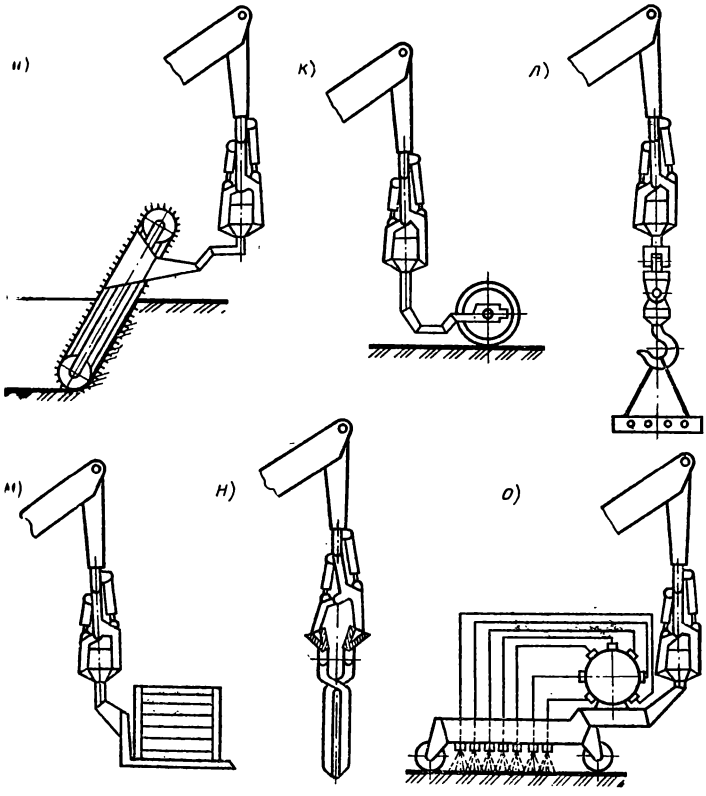


Рис. 4.11. Схема работы манипуляторным оборудованием с отдельными видами быстросъемных рабочих органов из комплекта

а — засыпание траншей отвалом; *б* — бурение скважин шнеком; *в* — копание грунта профильным ковшом; *г* — работа гидромолотом; *д, е, ж* — копание соответственно узким ковшом, широким и планировщиком; *з* — работа трамбовкой; *и* — работа баровой установкой; *к* — работа катком; *л* — подъемно-транспортные операции; *м* — работа вилочным захватом; *н* — работа ножницами; *о* — разогрев асфальта

соту падения штампа и увеличить энергию удара. Устройство для вытрамбовывания, навешиваемое на экскаватор с рабочим оборудованием прямая лопата (рис. 4.12, *б*), имеет меньшую высоту подъема штампа и высокую металлоемкость. Оборудование для вытрамбовывания котлованов на базе трактора (рис. 4.12, *в*) целесообразно использовать на небольшой плоскости при небольшой глубине котлована. При

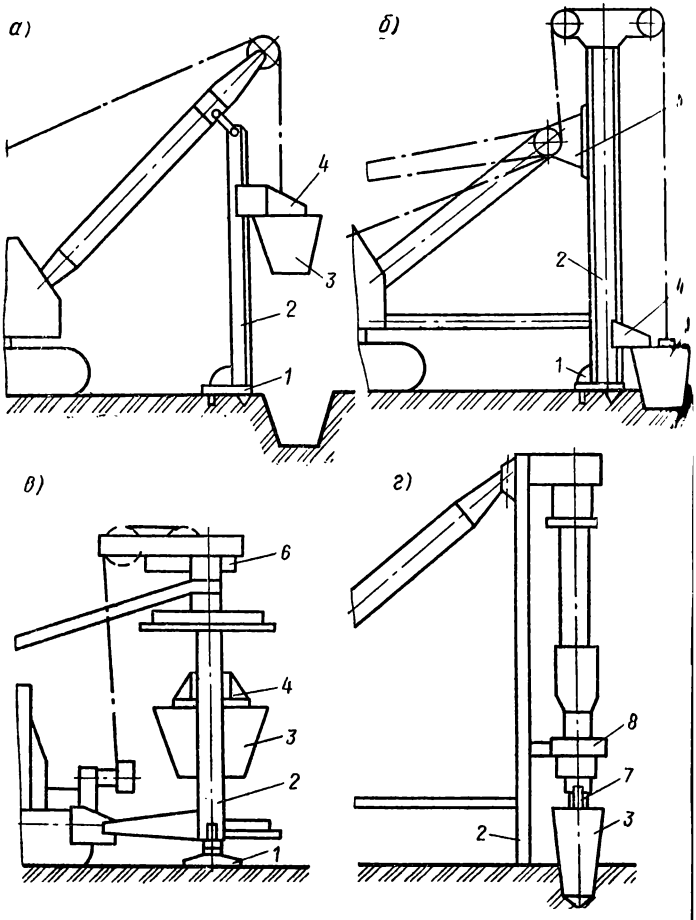


Рис. 4.12. Схемы устройств для вытрамбовывания котлованов под фундаменты на базе

а — экскаватора-драглайна; *б* — экскаватора с прямой лопатой; *в* — трактора; *г* — сваебойного оборудования; *1* — опорная плита; *2* — направляющая штанга; *3* — штамп; *4* — каретка; *5* — серьга; *6* — направляющая рама; *7* — подвеска; *8* — молот

устройстве котлованов, имеющих значительно бо́льшую площадь, чем поперечное сечение рабочего органа, рекомендуется использовать сваебойное оборудование (рис. 4.12, *г*). Эффективность рассматриваемого метода в значительной степени зависит от грузоподъемности базовых машин.

Сочетание в одном процессе образования котлована с уплотнением грунта в 3...6 раз сокращает объем земляных работ, а наличие в грунте вокруг котлована уплотненной зоны позволяет сократить размеры фундаментов. Применение этого метода позволяет сократить расход бетона в 1,22 раза, арматуры — в 1,4...4 раза.

Рассмотренные конструкции весьма эффективны при вытрамбовывании котлованов в просадочных грунтах. Для вытрамбовывания выемок в более плотных грунтах необходимо создание дополнительной пригрузки, например, выполненной в виде пригрузочного штампа [3].

Применение микроэкскаваторов. Одноковшовые микроэкскаваторы с гидроприводом предназначены для работы при прокладке траншей, отрывке небольших котлованов, ям, колодцев, на уборке мусора, погрузке сыпучих и кусковатых материалов. Особенно эффективны микроэкскаваторы при реконструкции, на малообъемных рассредоточенных объектах сельского строительства, в стесненных условиях, вспомогательных операциях.

Экскаватор «Топи автокопатель» (АО «Сатагидро», Финляндия) является полноповоротным, несамоходным, двухколесным. Во время работы устанавливается на откидные опоры. Перемещение по рабочей площадке производят последовательно путем подъема опор с помощью ковша и подтягиванием машины на колесах.

Экскаватор «Диг-Ит» («Спенкрит», США) — неполноповоротный, самоходный с ведущим передним мостом и двумя неприводными рояльными колесами. Обе модели могут транспортироваться на буксире к легковому автомобилю.

Техническая характеристика экскаваторов

	«Топи»	«Диг-Ит»
Вместимость ковша, л	38	100
Глубина копания, м	2,5	2,44
Высота выгрузки, м	2,55	2,24
Радиус копания, м	3,5	3,6
Усилие резания, т	1	2,4
Грузоподъемность, т	0,3	1,2
Мощность двигателя, л.с.	6	14; 18
Масса машины, т	0,54	0,97

4.1. Техническая характеристика мини-экскаваторов фирмы «Пи-Джоб» (Франция)

Показатель	*E*B10	*E*B12	*E*B14	*E*B22	*LS*-2000
Наибольшее усилие копания, кН	9,4	12,7	12,7	16,7	28,4
Наибольший радиус копания, м	3,3	3,4	3,6/3,75	4,2	4,9
Наибольшая высота выгрузки, м	2,8	3	3,0/3,15	3,8	4,4
Наибольшая глубина копания стандартным ковшом обратной лопаты	1,8	1,9	2,0/2,2	2,3	3,1
Давление на грунт, МПа	0,021	0,023	0,025	0,025	0,034
Мощность двигателя, кВт	8	9,7	9,7	14,5	20
Масса, кг	1050	1245	1370/1390	2230	3580

Примечание. До черты — данные при стандартной рукояти, за чертой — при выдвижной рукояти.

В экскаваторе «Топи» основным видом привода является бензиновый двигатель, по заказу могут поставиться дизель- и электромотор с питанием от внешней сети. В экскаватор «Диг-Ит» в качестве основного и дополнительного привода применены бензиновые двигатели. Сменными рабочими органами служат гидромолот, ковши различной ширины. В экскаваторе «Диг-Ит» предусмотрен также гидравлический бур с наконечниками 122×15 и 127×23 мм.

Французская фирма «Пи-Джоб» выпускает гидравлические мини-экскаваторы на гусеничном ходу с резиновыми или металлическими гусеничными лентами. Характеристика некоторых из них представлена в табл. 4.1.

Мини-экскаватор EB14 оснащен разнообразными видами сменных рабочих органов: ковшами обратной лопаты 0,0125; 0,022; 0,031; 0,037; 0,029; 0,033 и 0,04 м³, шириной соответственно 220, 250, 350, 400, 450, 500 и 600 мм; ковшами с выталкивателем шириной 220 мм; ковшами для зачистки дна траншей вместимостью 0,035 и 0,04 м³, шириной 850 и 1000 мм; трапецеидальным ковшом шириной 630/220 мм; бульдозерным отвалом размером 1150×240 мм; грейферными ковшами шириной 250 и 350 мм; буром; гидромолотом, а также набором рукоятей (стандартной длиной 1050 мм, сменной длиной 900 мм и специальной выдвижной). Машина компактна, хорошо приспособлена для работы в стесненных условиях (рис. 4.13, *а*). Скорость передвижения 2,4 км/ч; частота вращения поворотной платформы 9 мин⁻¹.

Гидросистема машины питается от встроенного шестеренчатого насоса. Давление в гидроцилиндрах рабочего оборудования 16 МПа (кратковременное 21 МПа). Подача секций насоса 16,1 и 6 л/мин. Вместимость гидробака 37 л.

Машину поставляют в двух вариантах: с кабиной и без нее (с рабочим местом под тентом). В кабине установлены отопитель и вентилятор.

Мини-экскаватор *LS*-2000 (рис. 4.13, *б*) наиболее крупная модель семейства малогабаритных экскаваторов. Экскаватор выполнен на гусеничном ходу, в специальном исполнении — с резиновой гусеничной лентой. Ширина гусеничной ленты 320 мм, масса 175 (115) кг. Скорость передвижения машины 2,5 км/ч.

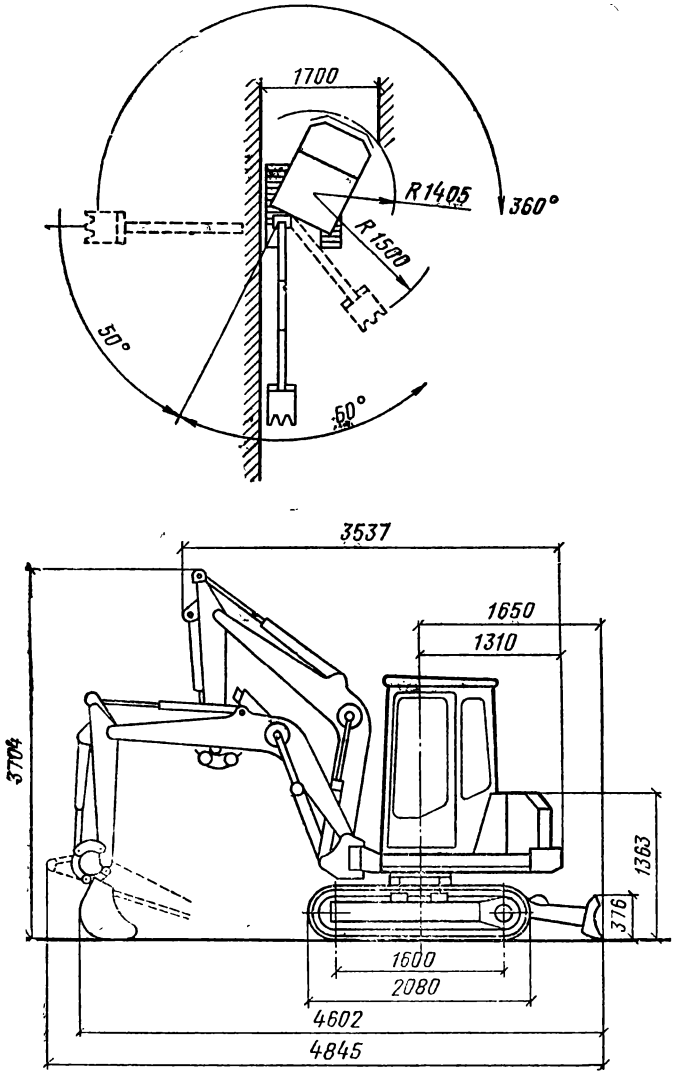


Рис. 4.13. Рабочие параметры гидравлических мини-эскаваторов фирмы «Пи-Джоб» (Франция)

а — экскаватор EB14 в стесненных условиях; *б* — экскаватор LS-2000

Частота вращения поворотной платформы 10 об/мин.

Экскаватор снабжен ковшами обратной лопаты вместимостью 0,0364; 0,06; 0,084 и 0,107 м³, шириной соответственно 300, 450, 600 и 750 мм; узким ковшом с выталкивателем; ковшом для очистки траншей вместимостью 0,102 м³, шириной 1300 мм; трапецеидальным и поворотными ковшами. Рабочее оборудование поворачивается в плане на угол ±65°.

При проведении мини-экскаватором земляных и других работ небольших объемов в благоустроенной части города фирма «Пи-Джоб» предлагает использовать контейнер оригинальной конструкции из синтетического материала для погрузки в него грунта, камня, строительного мусора, металлических отходов.

Применение грейферного оборудования. В качестве сменного рабочего оборудования к экскаваторам в стесненных условиях особенно эффективно применять грейферный ковш. Использование грейфера позволяет отрывать котлованы с вертикальными стенками, а также разрабатывать грунт у самого шпунта. Грейфер можно также эффективно использовать для обратной засыпки пазух фундаментов, однако при выборе сменного оборудования следует учитывать, что производительность экскаватора с грейферным ковшом примерно в 2 раза меньше по сравнению с производительностью экскаватора, оборудованного стандартным ковшом обратной или прямой лопаты.

Для устройства глубоких траншей и небольших в плане глубоких котлованов с вертикальными стенками (шпунтовые крепления и т. п.) в стесненных условиях целесообразно применять оборудование гидравлического грейфера на напорной штанге. Базовой машиной для такого оборудования является гидравлический экскаватор или кран. Напорная штанга обеспечивает возможность фиксации грейферного ковша в пределах значительной глубины копания, создания принудительного усилия его внедрения, быстрой корректировки вертикального положения штанги, погрузки разрабатываемого грунта в транспортные средства.

Разработка грунта грейферным оборудованием производится на всю глубину по различным технологическим схемам. Наиболее часто используют схему последовательной разработки грунта в траншее, ко-

торая после выемки грунта заполняется сборным или монолитным железобетоном с установкой ограничителей захваток, а также схему разработки грунта с разбивкой траншеи на захватки, отделяемые друг от друга грунтовыми перемычками. Захватки назначаются из условия максимального раскрытия ковша грейфера. Разработка грунта производится с одной стоянки экскаватора на проектную глубину траншеи.

Грейферный ковш после каждого цикла его наполнения извлекается из траншеи и удерживается над ней в течение 15—20 с для стекания глинистого раствора. После этого грунт из ковша выгружается в отвал или самосвал. Затем рабочий цикл повторяется. По мере разработки грунта в траншеи подается глинистый раствор в количестве, обеспечивающем постоянный уровень его не ниже чем 20 см от верха пионерной траншеи.

Фирма «Касагранде» (Италия) специализируется на производстве машин и оборудования для механизации работ по устройству свайных оснований и сооружений методом «стена в грунте». Эта фирма выпускает гидравлические экскаваторы грузоподъемностью 30—95 т для навески на них бурового оборудования. Бур подвешивается на решетчатую стрелу крана и вращается от привода, смонтированного на специальном суппорте. При этом стандартное оборудование обеспечивает устройство свай на глубину до 54 м, а с применением сменных штанг длиной 21 м — до 80 м.

Другой комплект оборудования включает специальную направляющую мачту и гидравлический ротор, который может использоваться в комплекте с механизмом качания, обсадными трубами и головкой вдавливания труб. Помимо ротора предусматривается набор устройств в составе грейфера, долот и канатных полиспастов для работы в различных грунтах.

Механизм качания служит для погружения обсадных труб, и он же имеет дополнительное устройство для сооружения наклонных свай. В комплект оборудования входят: грейферы для свай диаметром 400—2000 мм, механизм качания для погружения обсадных труб диаметром 700—2500 мм с возможностью извлечения усилием до 435 т. Кроме того, в ком-

плект входят: колонковый бур, шнек, уширитель, ковшовый бур и крестовое долото.

Предусмотрены два варианта оборудования для устройства «стены в грунте»: гидравлические грейферы и фреза. Грейферы двух моделей (шириной 500... 1000 мм и 500...1200 мм) обеспечивают отрывку траншей глубиной соответственно 30 и 45 м. Фреза работает по принципу обратной циркуляции и более производительна, чем грейферы, и позволяет работать в каменистых грунтах до глубины 120 м. Привод фрезы осуществляется от гидроэкскаватора или от специально поставляемой гидроустановки.

Кроме гидравлических фирма «Касагранде» выпускает также механические грейферы четырех типоразмеров массой до 5,2; 6,5; 11,8 и 13,2 т.

Применение бульдозеров. Для разработки в узких местах и перемещениях грунта на небольшое расстояние, обратной засыпки и разравнивания грунта в стесненных условиях эффективно применяются бульдозеры.

При наличии вблизи расположенной протяженной конструкции бульдозером осуществляются послойная срезка и транспортирование грунта с образованием откоса с одной стороны выемки. Из промежуточного отвала грунта, расположенного на поверхности, отгрузка его в транспорт осуществляется с использованием экскаватора или погрузчика. При небольшом расстоянии транспортирования (до 100...150 м) дальнейшее перемещение грунта может быть осуществлено более мощным бульдозером.

При расположении протяженных конструкций с двух сторон от выемки работа бульдозера осуществляется в довольно сложных условиях.

Одним из наиболее перспективных машин для разработки, перемещения, разравнивания и обратной засыпки грунта в особо стесненных местах (узких проездах, траншеях, котлованах внутри здания) являются малогабаритные бульдозеры, создаваемые на базе малогабаритных тракторов Т-54В или специальном шасси, а также микробульдозер МБ-4.

Микробульдозер МБ-4 (рис 4.14) на базе трактора Т-54В-В1 создан и выпускается Ленинградским котельно-механическим заводом Главэнергостроймеханизации. Навесное оборудование машины состоит из

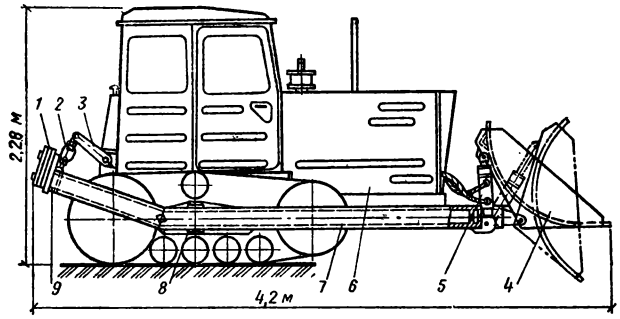


Рис. 4.14. Малогабаритный бульдозер-планировщик БМ-4

1 — противовес; *2* — талреп; *3* — навесная система трактора; *4* — ковш-отвал; *5* — гидроцилиндр; *6* — трактор; *7* — рама; *8* — кронштейн; *9* — задняя поперечная балка

замкнутой прямоугольной рамы, ковша-отвала и гидравлической системы. Прямоугольная рама шарнирно закреплена на упорах гусеничных тележек трактора. На проушины рамы в передней части навешивается ковш-отвал совкового типа, подъем и поворот которого осуществляется гидроцилиндрами.

Наличие ковша-отвала совкового типа позволяет использовать микробульдозер БМ-4 также для переноса в стесненных условиях небольшого количества сыпучих материалов.

Схемы использования малогабаритных бульдозеров при разработке и перемещении грунта аналогичны схемам работы обычных бульдозеров, а при обратной засыпке грунта — рассмотрены в § 4.5.

Применение погрузчиков. В настоящее время выпускаются фронтальные погрузчики на пневмоколесном ходу в основном малой мощности грузоподъемностью 2...4 т с ковшами вместимостью 1,25...2 м^3 (табл. 1.13). Прошли испытание опытные образцы погрузчика ТО-21-1А грузоподъемностью 15 т (вместимостью ковша 7,5 м^3).

В условиях реконструкции промпредприятий наиболее применяемы следующие схемы использования погрузчиков:

1. Схема «погрузчик (выемка и погрузка грунта)—автосамосвал». При использовании погрузчиков в качестве основного оборудования для выемки и погрузки грунта схема работы в за-

бое зависит в первую очередь от их конструктивных особенностей, а также размеров рабочей площадки. Разработку грунта погрузчиком осуществляют обычно слоями на всю длину выемки. При подаче автосамосвала в узкую выемку погрузку грунта осуществляют погрузчиком без дополнительных маневров. При невозможности подачи автосамосвала непосредственно в выемку погрузчик выезжает по съезду и осуществляет погрузку грунта в транспортное средство (с разворотом). При ограниченных размерах площадки для разворота погрузку осуществляют челночным способом, при котором автосамосвал подают под опорожнение ковша погрузчика.

2. Схема «погрузчик (выемка, транспортирование и погрузка грунта) — автосамосвал» применяется в тех случаях, когда вследствие стесненных условий невозможно подать автосамосвал непосредственно в забой.

Использование фронтальных погрузчиков в качестве выемочно-транспортного оборудования особенно целесообразно в стесненных условиях и при реконструкции объектов, когда применение других видов землеройного (экскаваторы) и транспортного (автосамосвалы) оборудования малоэффективно или невозможно.

Проведенные расчеты показывают, что использование строительных погрузчиков на пневмоколесном ходу грузоподъемностью до 10 т целесообразно при транспортировании грунта на расстояния до 120... 150 м.

3. Схема «погрузчик — мостовой кран» применима в условиях реконструкции цехов при необходимости транспортирования на расстоянии более 120...150 м, а также при меньших расстояниях, если неудобно или невозможно использовать погрузчики в качестве транспортного средства (загроможденность цеха оборудованием или конструкциями и др.).

Погрузка грунта погрузчиком осуществляется в специальные емкости — бадьи, которые затем транспортируют мостовым краном к месту разгрузки грунта. Эффективность применения погрузчиков и мостовых кранов резко возрастает при использовании двух бадей, когда одна загружается погрузчиком, а вторая транспортируется краном.

4. Схема «погрузчик — навал» может быть широко использована в стесненных условиях как при образовании временных навалов (отвалов) грунта, так и при обратной засыпке пазух котлована и траншей. В последнем случае погрузчик можно применять в сочетании с уплотняющими механизмами (вибротрамбующими плитами, микробульдозерами и т. д.).

При доставке грунта из выемки и разгрузке его во временный отвал погрузчик обычно работает с разворотом, а при отсутствии возможности разворота он движется к навалу задним ходом. После опорожнения ковша производится предварительная планировка грунта режущей кромкой или днищем ковша погрузчика.

Кроме указанных схем одноковшовые погрузчики на пневмоколесном ходу благодаря их универсальности и мобильности можно использовать не только в качестве погрузочного и погрузочно-транспортного оборудования (для грунтов, заполнителей, различных материалов и др.), но и для выполнения разнообразных вспомогательных работ (штабелирование сыпучих материалов, зачистка поверхности, уборка снега и т. д.).

В особо стесненных условиях наиболее целесообразно применение малогабаритных погрузчиков отечественного и зарубежного производства (табл. 1.14). Малогабаритные погрузчики с применением сменного оборудования могут быть довольно широко использованы на рыхлении прочных и мерзлых грунтов, дорожных покрытий, выемке и транспортировке разрыхленного материала к самосвалу и т. д.

4.4. Закрытые способы прокладки подземных коммуникаций

Все более широкое применение в практике реконструкции промышленных предприятий находят закрытые (бестраншейные) способы прокладки подземных коммуникаций. Данные способы применяют при необходимости проходки подземных коммуникаций под существующими дорогами, зданиями и сооружениями. Возможность применения того или иного способа бестраншейной прокладки трубопровода зависит от диаметра, протяженности и назначения трубопрово-

ла, физико-механических свойств и гидрологических условий прокладываемых грунтов.

Для производства работ выбирается способ прокладки защитных труб-кожухов, являющийся наиболее сложной и трудоемкой технологической операцией при устройстве пересечений переходов под препятствиями. Основные способы прокладки труб-кожухов:

прокладка труб без извлечения грунта (прокол): путем статического внедрения гидравлическими домкратами полиспастными системами, с применением ударных и вибрационных устройств;

бестраншейная прокладка труб и вибрационных устройств с разработкой и извлечением грунта; с непрерывной разработкой грунта и внедрением прокладываемой трубы (бурение); путем периодического извлечения грунтового керна из продавливаемой трубы.

При выборе способа прокладки трубы-кожуха учитывают диаметр и длину прокладываемой трубы, грунтовые и гидрогеологические условия, назначение и техническое состояние наземных сооружений по трассе перехода, эксплуатационные требования к сооружаемому переходу (прочность прокладки, требования к изоляции и др.), экономическую целесообразность.

Проколом осуществляют обычно прокладку труб диаметром 50...400 мм в суглинистых и глинистых грунтах любой влажности (рис. 4.15). В песчаных грунтах этот способ менее эффективен. Глубина заложения ограничивается минимальным расстоянием от поверхности до прокладываемой трубы, равной пяти ее диаметрам.

Прокладку труб проколом осуществляют с помощью домкратов, грунтопрокладывающих установок и пневмопробойников, лебедок, тракторов, трубоукладчиков и бульдозеров.

Строительные машины применяются для прокола под насыпями труб, к уклону которых не предъявляются особые требования, в основном под кабельные сети. Для выполнения прокола с одной стороны насыпи планируется площадка для размещения трубы и машины. Прокол осуществляют путем передачи

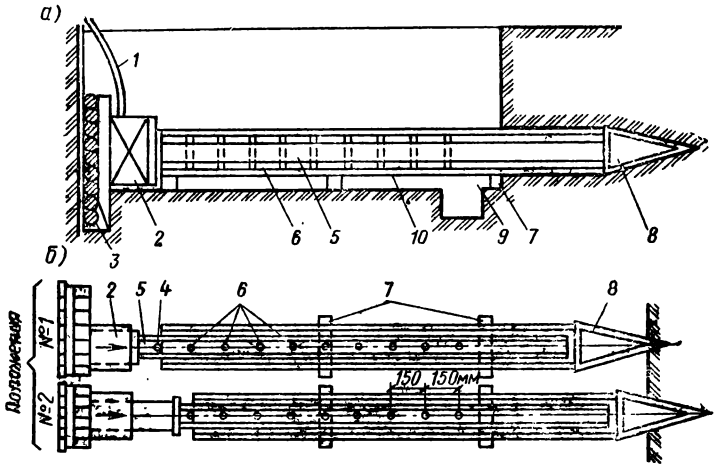


Рис. 4.15. Схема установки для продавливания труб малого диаметра способом прокола скважин

а — разрез; *б* — последовательность прокалывания; *1* — трубопровод от насоса; *2* — гидравлический домкрат; *3* — упор для домкрата; *4* — шток; *5* — шомпол; *6* — отверстие для штока; *7* — направляющие рамы; *8* — наконечник; *9* — приямок для сварки труб; *10* — проталкиваемая труба

усилия от машины непосредственно на торец трубы или через насадку.

Наиболее распространен прокол трубы с использованием грунтопрокалывающих домкратных установок. Для осуществления прокола отрывают рабочий котлован, в который располагают домкратную установку с секцией прокладываемой трубы (обычно длиной 6 м). Гидравлический насос высокого давления располагается на бровке котлована.

Трубу прокладывают передачей усилия через наголовник нажимными удлинительными патрубками длиной 1...4 м, шомполами или зажимными хомутами. Движение трубы осуществляется циклическим путем попеременного переключения домкратов на прямой и обратный ход. При прямом ходе труба вдавливается в грунт на длину хода штока домкрата. После возврата штока меняют патрубок на другой, удвоенной длины и повторяют цикл вдавливания, пока не произведут прокол звена трубы. В дальнейшем устанавливают новое звено трубы и все операции повторяют до окончания прокола требуемой длины. Ана-

логичным образом выполняется прокол с применением шомпола.

Наиболее производительными являются домкратные установки Главмосстроя и ГПУ-600, работающие по принципу шагающих домкратов. Принципиальным отличием данных установок является наличие подвижной упорной плиты, передвигаемой домкратами вслед за прокладываемой трубой после каждого цикла вдавливания, вплоть до полного внедрения в грунт секции трубы. После вдавливания в грунт секции трубы подвижной упор, салазки с домкратами и нажимная плита возвращаются в исходное положение.

Для прокола труб диаметром до 800 мм может использоваться механизм подачи института «Укроргтехстрой» с нажимным усилием до 2000 кН в комплекте с установками горизонтального бурения типа ПМ-800-1400, ПМ-800-1600 и типа «Запорожье». Применение механизма подачи в комплекте с данными установками горизонтального бурения обеспечивает их универсальность, т.е. возможность вести проходку трубами диаметром до 600 мм методом прокола, а трубами более 600 мм — методом горизонтального бурения. При прокладке труб методом прокола механизм подачи может быть также использован самостоятельно. Выпуск механизма освоен заводом «Ухтагазстроймаш».

Для прокола труб диаметром до 800 мм и на большую длину могут использоваться домкратные установки, состоящие из нескольких домкратов и создающие усилия до десяти тысяч и более килоньютонов.

При реконструкции предприятий для прокола в несвязных, песчаных и плывучих грунтах труб диаметром до 500 мм эффективно использовать вибропрокалывающие установки; для прокола в грунтах I...III категории с наличием камня, кирпича, обломков дерева и других строительных отходов труб диаметром до 400 мм — пневмопробойники. Положительным качеством вибропрокалывающих установок и пневмопробойников, расширяющих область их применения, при реконструкции является возможность их применения для замены старых труб подземной прокладки.

В установках для вибропрокола применяются также виброударные устройства, создающие продольно-

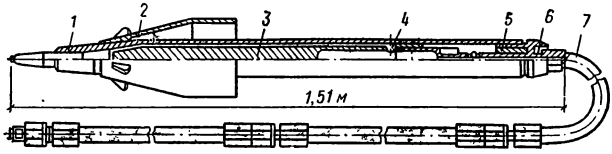


Рис. 4.16. Пневмопробойник ИП-4605

1 — корпус; *2* — съемный расширитель; *3* — ударник; *4* — окна; *5* — золотник; *6* — реверсивное устройство; *7* — шланг

направленные колебания. Виброударное устройство закрепляют на заднем торце трубы и устанавливают на тележке с рельсовым путем. К забойному торцу трубы приваривают конусный наконечник. Вибропрокол осуществляется под действием ударных импульсов в сочетании со статическим вдавливанием лебедкой, установленной на тележке, передающей усилие на трубу через пригрузочный полиспаст.

Пневмопробойники представляют собой самодвижущуюся пневматическую машину ударного действия, состоящую из корпуса, ударника и воздухораспределительного устройства (рис. 4.16). Корпус пневмопробойника является рабочим органом, создающим скважину. Ударник, находящийся в корпусе под действием сжатого воздуха, подаваемого по резиновому шлангу от компрессора, совершает возвратно-поступательное движение и наносит удар по переднему внутреннему торцу корпуса, забивая его в грунт. Реверсивное устройство позволяет изменить направление действия машины за счет изменения направления ударов. В комплект пневмопробойников входят расширители для пробивки скважин большого диаметра. Реверсивная работа пневмопробойников осуществляется без расширителей.

Технологические операции по проходке скважин пневмопробойниками начинаются с его внедрения в грунт из выходного приямка в направлении приемного приямка. При движении пневмопробойник своим коническим передним концом уплотняет грунт, раздвигая его в стороны, и образует скважину. Для восприятия реактивных усилий в момент запуска машины из приямка применяют стартовые устройства, создающие силы трения на корпусе пневмопробойника (ИП-4603, ИП-4605) либо поджимающие машину к за-

бою (СО-134). Кроме того, для облегчения внедрения пневмопробойника в грунт запуск ведут на пониженном (0,3—0,4 МПа) давлении сжатого воздуха.

Помимо пробивки скважин пневмопробойники могут широко использоваться на выполнении других технологических операций: забивка стальных труб (кожухов), затягивание асбестоцементных труб и извлечение труб из грунта.

4.2. Техническая характеристика пневмопробойников

Показатель	ПР-60 (СО-144)	ИП-4601, ИП-4601А	ИП-4603	ИП-4605	М-130	ПР-400 (СО-134)
Диаметр скважины, мм	63—100	135—200	130—200	95—180	240	154—400
Длина прокола, м	50	50	50	50	50	50
Скорость проходки, м/ч	До 40	До 50	До 80	До 50	—	До 60
Давление воздуха, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Длина пневмопробойника, мм	1385	—	1500	1500	1680	1700
Масса, кг	20	80	95	45	340	140

При прокладке кожухов из стальных труб пневмопробойник используется как ударный узел, присоединяемый к заднему торцу трубы и забивающий ее в грунт. Передний конец трубы закрывается конусным наконечником.

При замене труб новую секцию трубопровода с пневмопробойником, установленным в заднем торце, присоединяют к удаляемой, а старую трубу по мере выхода в приемный приямок обрезают и удаляют.

Продавливание стальных труб диаметром 500...2000 мм или железобетонных коллекторов круглого, квадратного или прямоугольного сечения на расстояние до 80 м осуществляют нажимными насосно-домкратными установками, соединяющими 2, 4, 8 и более гидродомкратов. Домкраты установлены на раме, для их упора служит специальная упорная стенка, состоящая из свай и двух рядов брусьев.

Для продавливания трубопроводов наиболее эф-

фективны установки с механизированной разработкой и удалением грунта, типа СКБ Главмосстроя и ПУ-2 конструкции ЦНИИподземмаша. Установка ПУ-2 состоит из четырех частей: силового агрегата, рабочего органа, устройства для передачи нажимных усилий и ножевой секции.

Технологические операции с применением установки ПУ-2 выполняются в такой последовательности. На направляющую раму, размещенную в котловане, укладывают первое звено кожуха с установленной на его конце ножевой секцией и системой отклоняющих роликов. После проверки правильности направления прокладки в плоскость звена вводят рабочий орган и запасовывают канаты. Затем включают гидродомкраты, которые продвигают вперед основную нажимную траверсу до ее соприкосновения с торцом прокладываемого звена кожуха.

При дальнейшем продвижении траверсы происходит незначительное вдавливание переднего конца кожуха в грунт. Затем прекращают подачу кожуха и при помощи рабочего каната подтягивают рабочий орган до соприкосновения режущей кромки ковша с забоем. Дальнейшее оттягивание рабочего каната сопровождается продвижением рабочего органа вперед и поворотом ковша сверху вниз. Срезанный грунт отсыпается в нижнюю часть полости кожуха. Притормаживая рабочий и подтягивая тяговые канаты, рабочий орган отводят от забоя примерно на 1...1,2 м. При этом срезанный грунт будет перемещаться ковшом по кожуху на такое же расстояние. Затем ослабляют тяговый канат и дают возможность оттяжным пружинам повернуть режущее устройство в исходное положение, т. е. снизу вверх. Подтягивая снова рабочий канат, повторяют цикл разработки грунта. После повторения нескольких циклов рабочий орган извлекается из забоя, при этом накопившийся за клапаном-скребком грунт выносится наружу в приемный лоток, который вместе с грунтом поднимают краном за пределы рабочего котлована. После возвращения рабочего органа в полость прокладываемого кожуха снова осуществляют подачу кожуха и разработку грунта забоя.

Продавливание труб может производиться с помощью пневмопробойников (СО-134 и М-130). При этом труба (кожух) внедряется открытым концом

в грунт под действием ударной нагрузки. Грунт удаляется из внутренней полости кожуха самоходной капсулой, приводимой в действие реверсивным пневмопробойником. Капсула представляет собой отрезок трубы, имеющей вырезы для уменьшения массы и облегчения разгрузки грунта.

Для продавливания труб диаметром 530—1020 мм на длину до 50 м в несвязных, песчаных и плывунных грунтах применяется также виброударная установка УВГ-51. Для вибропродавливания трубы на забойном ее конце приваривают серповидную накладку для обеспечения зазора (10—15 мм) между скважиной и трубой, а в задней части трубы прорезают два боковых симметрично расположенных окна для удаления грунта. Грунт из трубы выбирается виброударной желонкой, внедряемой в забой вибромолотом и перемещаемой после забора грунта с помощью каната к разгрузочным окнам. Из желонок грунт высыпается под действием вибрации в разгрузочные окна на дно траншеи.

Прокладывание труб диаметром 1220 мм на длину до 60 м в сухих и увлажненных грунтах I...III групп выполняется установкой У-12/60 конструкции Гипронефтеспецмонтажа. Установка содержит головку с челноком, устанавливаемую в забойной части трубы, нажимной гидродомкратный привод, развивающий усилие нажима до 3400 кН, насосную станцию, лебедку и упорный башмак [21].

Для бестраншейной прокладки трубы с помощью установки У-12/60 должен быть подготовлен котлован длиной 13 м, шириной 3 м и глубиной на 0,1 м ниже проектной отметки основания прокладываемой трубы. В задней части котлован должен быть расширен и углублен для монтажа выкладки из брусьев или шпал и установки инвентарного упорного башмака.

Работа установки У-12/60 заключается в периодическом вдавливании прокладываемой трубы на длину хода домкратов (1000 мм) с последующим извлечением челнока из прокладываемой трубы и его разгрузкой. После каждого цикла надавливания производят операции по удалению нажимных патрубков, зачистке мест установки челнока в головке с помощью нескольких ходов челнока на забой, наращиванию или уста-

новке нажимных патрубков большей длины для последующего надавливания.

Заполнение челнока грунтом обеспечивается вдавливанием трубы гидродомкратом при расклинивании челнока в головке продавливаемой трубы. Разгрузку челнока производят в отвал или транспорт.

Горизонтальное бурение применяют для прокладки в различных грунтах (за исключением скальных и плывунов) стальных трубопроводов диаметром 325—1720 мм на длину до 120 м.

В установках горизонтального бурения основной расход энергии приходится на операции резания и транспортирования грунта, а расход энергии на проталкивание труб в готовую опережающую скважину составляет лишь часть общего расхода. Поэтому подача труб осуществляется преимущественно лебедками через систему полиспастов и домкратами небольшой грузоподъемности.

По типу рабочего органа можно выделить установки с шнековым рабочим органом (установка типа ДМ-1, УГБ и ГБ), механическое бурение скважин которыми выполняется шнековым буром (ДМ-1) или фрезерной головкой (УГБ и ГБ) и удаление разрыхленного грунта — винтовым конвейером, а также установки с рабочим ножевым органом пропеллерного типа, эксцентрично установленного относительно продольной оси трубы (установки типа «Запорожье», УУВТ, ПМ-800-1400, ПМ-800-1600). В установках с ножевым органом пропеллерного типа выемка разрыхленного грунта осуществляется циклично совковым оборудованием. Установки с шнековым рабочим органом способны создавать горизонтальные скважины в грунте небольшого диаметра и длиной до 40...60 м.

При использовании установок горизонтального бурения типа УГБ и ГБ необходимо осуществлять сборку прокладываемого трубопровода на всю длину перехода (скважины) и укладку его на дно траншеи на определенной глубине. При этом размеры траншеи (котлована), отрываемой при подготовке к прокладыванию трубы, весьма значительны. Поэтому такие установки, несмотря на высокую производительность самого процесса прокладки, имеют ограниченное применение в условиях реконструкции предприятия.

Бестраншейная прокладка труб машиной

ПМ-800-1400 производится в грунтах любой категории и пластичности, кроме плывунов и скальных грунтов. В зимнее время мерзлый грунт в начале забоя разрабатывается режущей головкой, которая монтируется в инвентарной секции прокладываемой трубы и состоит из лопастного пропеллерного ножа и электродвигателя с редуктором. Шарнирное закрепление ножей позволяет наклонять и перемещать режущую головку внутрь прокладываемой трубы. В нижней части инвентарной секции размещено устройство для погрузки грунта с совком, имеющим корытообразную форму с открытыми торцами, оснащенными режущими кромками [21].

При сооружении переходов установкой ПМ-800-1400 соблюдается такая технологическая последовательность. Отрывают рабочий и приемный котлован, на дно рабочего котлована укладывают направляющую раму, на которой размещают первое звено прокладываемого кожуха с приведенной к его переднему концу инвентарной секцией. Затем монтируют все остальные механизмы установки, проверяют направление проходки и приступают к бурению. Под воздействием нажимных усилий, создаваемых лебедкой, труба продвигается вперед, при этом вращающийся нож рабочего органа вырезает в грунте углубление. После продвижения на 100—150 мм подачу трубы прекращают и подают в забой совок с помощью лебедки. Совок набирает грунт, скопившийся в нижней части инвентарного звена. После этого включают обратный ход совка и оттягивают его на 1,5—2 м назад. При обратном ходе совка захваченный им грунт отклоняет вверх обратный клапан. После этого вновь ведут бурение с продвижением трубы вперед — совок вновь направляют в забой, при этом обратный клапан сдвигает грунт, находящийся на совке, назад и освобождает переднюю часть совка для новой порции грунта.

Наполнение совка происходит после 3—4 циклов загрузки. Загруженный совок вытягивается из трубы к механизму разгрузки. Здесь с помощью специальных устройств совок разгружается в приямок или в емкость. При разгрузке совка в емкость последняя поднимается краном из котлована и разгружается в самосвал или отвал.

После прокладки первого звена трубы с его торца

снимается нажимной захват. На направляющую раму укладывают последующее звено трубы и приваривают его к торцу первого звена. Прокладку и наращивание звеньев трубы продолжают до тех пор, пока инвентарное звено не выйдет в приемный котлован.

Установку горизонтального бурения ГБ-1621 применяют для прокладки кожухов диаметром до 1720 мм как для горизонтального бурения, так и для продавливания с образованием грунтового керна. Принцип действия установки, как и машин типа УГБ, основан на сочетании механической разработки грунта режущей головкой, транспортировке разработанного грунта шнеком и при одновременной подаче кожуха в скважину. Однако по своей конструкции установка ГБ-1621 существенно отличается от установок УГБ-5, УГБ-2 и ГБ-1421. В этой установке подача кожуха осуществляется гидравлическими домкратами аналогично установкам для продавливания, а рабочий орган (режущая головка) имеет привод, не зависимый от шнека.

Положение режущей головки относительно инвентарного звена трубы может регулироваться винтовым домкратом. Благодаря этому при прокладке кожухов в устойчивых грунтах режущая головка размещается впереди ножевой секции на 30—50 мм и разрабатывает грунт с некоторым опережением продвижения кожуха.

При прокладке кожуха в неустойчивых грунтах режущая головка продвигается внутрь ножевой секции на расстояние до 400 мм от кромки секции. В этом случае в грунтовой массив сначала врезаются торцевые кромки инвентарного звена, отдаляя от него объем грунта, который в виде крана проникает внутрь трубы и разрабатывается зубьями режущей головки. При этом повышается устойчивость забоя и исключается возможность его обрушения и образования пазух за стенками прокладываемой трубы.

4.5. Обратная засыпка и уплотнение грунта

Обратная засыпка и уплотнение грунта в стесненных условиях во многом определяются технологической спецификой работ: ограниченностью фронта работ и особенностями геометрических элементов земляного сооружения, что практически затрудняет, а иног-

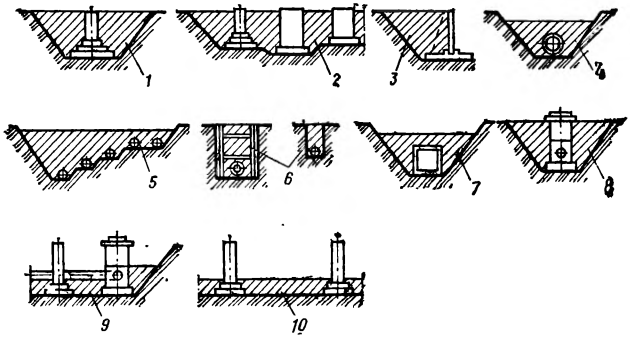


Рис. 4.17. Характерные схемы стесненных мест при обратной засыпке и уплотнении грунтов

1 — пазухи между стенками котлована и фундаментами под колонны; *2* — пазухи между стенками фундаментов под технологическое оборудование; *3* — пазухи между стенками котлованов и подпорными стенками; *4* — пазухи между стенками траншей и трубопроводами; *5* — пазухи между трубами и стенками траншей (с креплениями и без креплений) под трубопроводы; *6* — пазухи между стенками траншей; *7* — пазухи между стенками траншей и коллекторами; *8* — пазухи между стенками траншей и смотровыми колодцами; *9* — пазухи под трубопроводами; *10* — засыпка грунта внутри зданий под полы

да и вообще исключает возможность использования обычных машин, применяемых при обратной засыпке и уплотнении грунта. Наиболее часто подлежат уплотнению грунты в пазухах фундаментов, трубопроводов, коллекторов, смотровых колодцев, оснований под полы внутри зданий, в пересечениях различного рода коммуникаций и т. д. (рис. 4.17).

Условия выполнения обратных засыпок пазух фундаментов и в особенности при возведении промышленных объектов с развитым подземным хозяйством отличаются чрезвычайным многообразием. Наружные пазухи котлованов, имеющие большей частью клиновидную форму, в сочетании с пазухами между подземными конструкциями и фундаментами внутри зданий и сооружений образуют зачастую систему замкнутых полостей и коридоров с ограниченными размерами в свету и представляют серьезную трудность при выполнении обратных засыпок.

Под обратную засыпку мелкие объекты сдают целиком, а большие объекты (цех и т. п.) — частями после полного окончания работ по подземным конструкциям или после выполнения работ по выделенному ярусу.

Уплотнение грунтов в пазухах фундаментов под колонны. При шаге колонн 6 м и более, когда установленные фундаменты не препятствуют движению автотранспорта, отсыпка грунта производится с дальней точки рабочей карты «на себя». При этом автосамосвалы перемещаются по основанию, на которое производится укладка слоя грунта.

Схема разгрузки автосамосвалов устанавливается в зависимости от расстояния между осями колонн. Отсыпку грунта ведут полосами вдоль пролетов между колоннами с целью сокращения трудоемкости послойного разравнивания грунта.

При шаге колонн 6 м и расположении фундаментов, препятствующих движению автосамосвалов, отсыпка грунта в нижние слои обратной засыпки ведется «головным способом» с ездой автосамосвалов по отсыпаемому грунту, покрывающему выступающие части фундаментов слоем толщиной не менее 0,3 м во избежание их повреждения.

Автосамосвал выбирают с учетом отвала бульдозера, принятого для разравнивания грунта, и условий маневрирования на рабочей площадке.

Послойное разравнивание грунта выполняется бульдозерами (Д-159Б, Д-271М и др.), а в менее доступных местах — малогабаритным бульдозером на базе трактора Т-54В и микробульдозером МБ-4, там, где невозможно использование бульдозеров, разравнивание грунта ведут вручную.

Работы ведут в два этапа: I этап — уплотнение грунта между фундаментами колонн; II этап — уплотнение грунта над фундаментами колонн.

Уплотнение грунта между фундаментами колонн ведется в более стесненных условиях, чем над фундаментами, и требует особых мер против повреждения конструкций. Уплотнение грунта тяжелыми трамбовками, оказывающими на уплотняемый грунт большое динамическое воздействие, в данном случае не допускается во избежание горизонтального смещения колонн.

Для уплотнения грунта в зоне, прилегающей к отдельно стоящим фундаментам или другим подземным конструкциям, производят укатку, вибротрамбование, вибрирование или комбинированное воздействие на грунт (виброукатка, виброуплотнение с пригрузом).

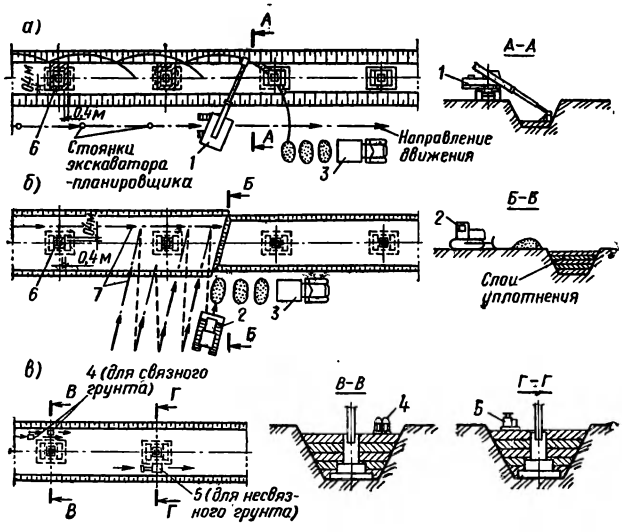


Рис. 4.18. Схема уплотнения грунтов в траншее под фундаменты колонн

а — схема подачи и разравнивания нижних слоев грунта; *б* — то же, верхних слоев грунта; *в* — схема уплотнения грунта; *1* — экскаватор-планировщик; *2* — бульдозер; *3* — автосамосвал; *4* — электротрамбовка; *5* — виброплита; *6* — зона разравнивания грунта вручную; *7* — направление движения бульдозера при подаче и разравнивании грунта

Для этого в зависимости от степени стесненности условий производства работ и от свойств грунтов используют: самоходные катки с гладкими вальцами с кулачковыми бандажами на них, виброкатки, самопередвигающиеся виброплиты производства ГДР (типа *SVP*), гидромеханические виброуплотнители, электрические самопередвигающиеся вибротрамбовки (ВУТ-3, ВУТ-4, ВУТ-5, СВТ-3МП) и электротрамбовки (ИЭ-4502, ИЭ-4504).

В первую очередь проходки грунтоуплотнителей следует вести в непосредственной близости от фундаментов, затем в зоне между фундаментами. После засыпки грунтом фундаментов колонн, когда над верхним урезом фундамента находится слой грунта не менее 0,3 м, приступают к выполнению работ II этапа — засыпке грунта над фундаментами колонн.

В качестве примера на рис. 4.18 показана технология производства работ по уплотнению обратной за-

сыпки в траншее с рядом отдельно стоящих фундаментов, установленных с шагом 12 м.

До начала засыпки траншеи грунтом должны быть выполнены следующие работы: полностью закончено устройство фундаментов и проверено их проектное положение; сделана и проверена гидроизоляция фундаментов; удалены из траншеи все вспомогательные материалы, оборудование, механизмы; составлены акты на скрытые работы и получено разрешение заказчика на обратную засыпку.

Обратную засыпку осуществляют привозным грунтом, который доставляется к месту работ автосамосвалами, засыпка и разравнивание грунта, за исключением последнего слоя, выполняется экскаватором-планировщиком, снабженным удлинителем стрелы и оборудованным погрузочным ковшом. Экскаватор-планировщик передвигается по верхней бровке вдоль траншеи. Зоны шириной 40 см вокруг фундаментов и подколонников, недоступные для разравнивания экскаватором-планировщиком, разравниваются вручную.

Последний слой засыпается и разравнивается бульдозером с поворотным отвалом.

Уплотнение связного грунта предусмотрено ручными электрическими трамбовками Даугавпилсского завода «Электроинструмент» (ИЭ-4501, ИЭ-4502, ИЭ-4503 и ИЭ-4504), а несвязного грунта — самоходными виброплитами производства ГДР (*SVP*-12,5; *SVP*-25 и др.), причем нижние слои уплотняются виброплитами меньших размеров, а верхние — бо́льших размеров. Уплотнение грунта необходимо начинать с зон вокруг фундаментов (подколонников), а затем уплотняют грунт в зоне между фундаментами (подколонниками). Каждый последующий проход уплотняющей машины должен перекрывать след предыдущего слоя на 0,1—0,2 м. Толщина уплотняемого слоя зависит от вида грунта и типа уплотняющей машины (изменяется от 0,2—0,3 м до 0,5—0,6 м).

Уплотнение грунта в котлованах со сложными фундаментами и подъемными конструкциями. При возведении объектов со сложными фундаментами и подземными конструкциями, образующими в плане систему замкнутых полостей, тупиков и узких проходов, исключается по ним перемещение крупногабаритных машин. Обратная засыпка грунта выполняется сразу же

после возведения подземной части здания или сооружения (распалубливания и гидроизоляции поверхностей подземных коммуникаций) перед началом работ по надземной части.

Грунт, доставленный автосамосвалами с помощью экскаватора, оборудованного грайфером (или системой транспортеров), подается на рабочую карту в пределах участка, ограниченного подземными конструкциями. В зависимости от характера и размеров пазухи разравнивание грунта осуществляется малогабаритным бульдозером типа УЗБТ-54В или микробульдозером МБ-4. Уплотнение грунта осуществляется электротрамбовками (ИЭ-4502, ИЭ-4504) или подвесной вибротрамбовкой ПВТ-3. Для этой цели могут использоваться свайные вибропогружатели ВП-1 или ВПП-1, установленные на металлический поддон.

Для уплотнения грунта в замкнутых полостях более удобными являются подвесные к крану грунтоуплотнители, а при работе в пазухах, связанных между собой проходами, применяют самопередвигающиеся виброплиты и ручные трамбовки.

Для засыпки пазух, сообщающихся между собой, применяют поточный метод выполнения работ. При этом машины, выполняющие послойную укладку грунта, после отсыпки слоя грунта в зоне действия подающего агрегата (грейфера и др.) перемещаются на следующую рабочую карту, а их место занимают грунтоуплотняющие машины.

При засыпке пазух фундаментов с различной глубиной заложения в первую очередь выполняют работы в пределах участка с пониженными отметками до достижения общего уровня, затем работы ведут по всему котловану.

Грунт для обратной засыпки доставляется автосамосвалами ЗИЛ-ММЗ-555, подается экскаватором с грейферным ковшом вместимостью 1 м^3.

При глубине котлована 4 м разравнивание грунта до отметки 2 м ведется вручную. С отметки 2 м до ±0,0 м грунт разравнивается бульдозером ДЗ-14А в доступных местах рабочей зоны, а в труднодоступных местах — вручную. Грунт вручную разравнивается также вокруг конструкций в радиусе 40 см от них. Уплотнение несвязного грунта I группы ведется вибро-

плитами типа *SVP*, связного грунта II группы — электротрамбовками типа ИЭ.

При наличии в реконструируемом цехе мостового крана последний может быть оснащен грейферным ковшом для подачи грунта в рабочую зону. Разравнивание грунта производится микробульдозером МБ-4 или вручную в узких пазухах между фундаментами и стенками с последующим уплотнением.

Уплотнение грунтов в узких и глубоких пазухах. Узкими обычно считают пазухи шириной менее 1,4 м (предельный размер пазухи, допускающий работу малогабаритного бульдозера). В пазухах шириной 0,7—1,4 м рабочий может работать, а при ширине менее 0,7 м — доступ рабочего невозможен.

Грунт, доставляемый к месту работ автосамосвалами или погрузчиками в объеме, необходимом для укладки уплотняемого слоя, отсыпают на бровке котлована и затем подают экскаватором, экскаватором-планировщиком или сталкивают бульдозером в пазухи. Подавать и сталкивать грунт надо рассредоточенно с целью уменьшения объема работ по разравниванию и перемещению грунта на дне пазухи.

Послойное уплотнение грунта в нижней (наиболее узкой) части пазухи выполняют подвесными вибротрамбующими плитами ПВТ-3, ВТМ-2 или свайными вибропогружателями на металлических поддонах, подвешиваемых к крану, установленному на бровке котлована.

Для уплотнения связных и несвязных грунтов в узких (0,7...0,8 м) пазухах используют также тяжелые самопередвигающиеся ручные электротрамбовки ИЭ-4502 и 4504. При строительстве стана «3600» завода «Азовсталь» для уплотнения крупнозернистой супеси в стесненных местах пазух котлованов успешно использовали самопередвигающуюся вибротрамбовку ИВ-32 (производство ПНР) массой 400 кг, обеспечивающую глубину уплотнения 0,6 м.

В средней (более широкой) части пазухи для разравнивания и уплотнения грунта слоями заданной толщины используют микробульдозеры БМ-4 и малогабаритные катки, которые подают в пазуху краном. Затем по мере расширения пазухи (более 1,4 м) используют малогабаритный бульдозер на базе трактора Т-54В.

Очень узкие и стесненные места, насыщенные коммуникациями, когда исключается возможность применения средств механизации для послойного уплотнения, следует засыпать песчаным грунтом. Засыпку песком ведут с сопутствующим обильным поливом водой, создающим эффект гидронамыва. Этот способ приемлем также для засыпки стесненных мест, когда песок является местным грунтом, а выполненные подземные конструкции допускают сильное увлажнение. Этот способ не применим в зимних условиях.

Для уплотнения обратных засыпок из лессовидного суглинка в пазухах фундаментов, толщиной более 2 м, может применяться глубинный способ. Этот способ уплотнения основан на погружении штампов, которые образуют скважины, с вытеснением грунта радиально в стороны; при этом осуществляется уплотнение грунта вокруг скважины [8].

Обратная засыпка котлованов с широким фронтом работ производилась при сооружении цехов крупных металлургических предприятий: в Жданове — станов «1700», «1150» и «3600»; в Макеевке — стана «250-2»; в Енакиево — стана «2500»; в Коммунарске — стана «600» и др.

На этих объектах для наиболее стесненных и сложных участков были разработаны ППР, предусматривающие полную механизацию подачи и уплотнения грунтов. Грунт из резервов доставляли самосвалами КрАЗ и ЗИЛ. К стесненным местам его подача осуществлялась ленточными конвейерами и бадьями с помощью мостовых кранов. Разравнивание грунта производилось бульдозерами на базе трактора ДЭТ-250, а в стесненных условиях — бульдозерами на малогабаритном тракторе Т-54. Послойное уплотнение грунтов осуществлялось самоходными пневмокатками массой до 34 т, катками с гладкими вальцами массой 5...10 т и малогабаритными самопередвигающимися вибротрамбовками.

Пробным испытанием было установлено, что для получения требуемой плотности скелета грунтов (1,65...1,78 г/см^3) в обратных засыпках необходимо делать по одному следу 5...11 проходов — для катков при толщине слоя 25...30 см и 5...8 проходов — для вибротрамбовок при толщине слоя 25 см.

Очень сложные условия работ по обратным засып-

кам грунта имели место при строительстве стана «3600» завода «Азовсталь», обусловленные наличием тоннелей различного технологического назначения на трех уровнях, сложных фундаментов под технологическое оборудование и др.

В местах, совершенно недоступных для уплотняющих машин, применяли одновременно отсыпку песка и послойное уплотнение водой. Малогабаритные машины в стесненные места работ подавали мостовыми кранами.

4.6. Техника безопасности при реконструкции предприятий

При выполнении земляных работ, как и других строительно-монтажных работ при реконструкции действующих предприятий, кроме соблюдения общих правил СНиП «Техника безопасности в строительстве» требуется соблюдение особых правил, связанных со спецификой и условиями выполнения работ.

Мероприятия по технике безопасности при производстве указанных работ на действующих предприятиях и цехах разрабатываются и утверждаются заказчиком и генеральным подрядчиком. Ответственность за соблюдение этих мероприятий в равной степени несут руководители строительно-монтажных организаций и действующего предприятия. В случае несоблюдения заказчиком утвержденных мероприятий по технике безопасности, в результате чего создаются условия, угрожающие жизни и здоровью работающих, строительно-монтажные работы, в том числе земляные, должны быть приостановлены до устранения опасности. Прекращение работ оформляется актом.

Технологические процессы, выполняемые на территории действующего предприятия и в действующих цехах, относятся к работам повышенной опасности и должны производиться по нарядам-допускам. Рабочие этих организаций должны быть ознакомлены с проектами производства работ и пройти дополнительный инструктаж по технике безопасности с повышенной опасностью производства работ при реконструкции предприятия. Работники предприятия должны пройти инструктаж по правилам безопасного поведения в зоне производства строительно-монтажных работ.

Основанием для производства работ в действующем цехе должен быть приказ (распоряжение) по предприятию (цеху) с указанием лиц, ответственных за подготовку оборудования и конструкций к указанным работам, за проведение мероприятий, необходимых для обеспечения безопасности этих работ и оперативной связи с подрядчиком.

Для обеспечения безопасности занятых на производстве рабочих и производственного персонала предприятия рабочая зона производства работ должна быть ограждена. Находящиеся в рабочей зоне силовые линии, коммуникации и технологическое оборудование необходимо перенести или оградить. При производстве работ в условиях действующего цеха инженерные сети должны быть, как правило, отключены, закорочены, а оборудование и технологические трубопроводы освобождены от взрывоопасных, горючих, токсичных веществ и нейтрализованы. Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций. Разработка грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций допускается только с лопатами без резких ударов. Пользоваться при этом ударными инструментами запрещается.

Для прохода рабочих в котлованы и траншеи следует устанавливать стремянки шириной не менее 0,6 м с перилами или приставные лестницы. Котлованы и траншеи в местах, где происходит движение людей и транспорта, должны быть ограждены.

Запрещается установка строительных и транспортных машин и различного оборудования в пределах призмы обрушения грунта выемки (величина указывается в ППР$_{(р)}$).

При устройстве выемок с креплением машины и оборудование могут находиться в пределах призмы обрушения при условии наличия соответствующих расчетов, учитывающих прочность крепления и величину нагрузки в ППР$_{(р)}$.

Запрещается разрабатывать без креплений переувлажненные песчаные, лессовидные и насыпные грунты. Разработку этих грунтов следует осуществлять

по индивидуальным проектам с искусственным водопонижением, шпунтовым и другим креплением.

Стенки котлованов и траншей, разрабатываемых землеройными машинами, должны крепиться непосредственно за разработкой грунта.

При разработке котлована экскаватор во время работы следует устанавливать на спланированной площадке, во избежание самопроизвольного перемещения закреплять его инвентарными упорами. Во время перерыва в работе экскаватор необходимо переместить от края котлована на расстояние не менее 2 м, а ковш опустить на грунт.

При работе экскаватора не разрешается производить какие-либо другие работы со стороны забоя и находиться людям ближе 5 м до радиуса действия экскаватора. Совмещение земляных работ с другими работами в котловане может производиться в соответствии с разработанными технологическими картами в ППР(р).

Односторонняя обратная засыпка фундаментов и стен допускается лишь после достижения бетоном необходимой прочности. Уплотнение грунта трамбованием вблизи подпорных стен фундаментов и других конструкций производится на расстоянии и в порядке, указанном в ППР(р).

При разработке объектных стройгенпланов необходимо определить схемы передвижения людей к рабочим местам, зоны действия машин, механизмов и оборудования, хранения взрывоопасных и горючих материалов, при необходимости предусмотреть изоляцию зоны в действующем цехе.

Режим работы рабочих, занятых на земляных работах в действующем цехе, и их индивидуальные средства защиты должны соответствовать режиму работы, индивидуальным средствам защиты рабочих основного производства и требованиям СНиП «Техника безопасности в строительстве».

Работы по прокладке подземных коммуникаций должны проводиться с учетом следующих требований.

К самостоятельной работе по горизонтальному проколу и продавливанию труб допускаются рабочие, специально обученные данному производству работ, не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетель-

ствование как проходчики. Все рабочие и лица технического надзора обязаны пользоваться средствами индивидуальной защиты: касками, рукавицами, непромокаемой спецодеждой и обувью.

Во время спуска оборудования в котлован монтажники должны удалиться за пределы опасной зоны. Находиться под грузом запрещается.

Места присоединения гибких шлангов к штуцерам следует крепить с помощью стяжных хомутов. Крепление проволокой запрещается.

После окончания монтажных работ на все установки должны быть составлены акты приемок установок к эксплуатации.

Перед каждой рабочей сменой мастер обязан проверить исправность гидравлических шлангов, насосов высокого давления, манометра, гидродомкратов. Кроме того, проверяют систему воздуховода и агрегат, подающий воздух, если таковые предусмотрены ППР при продавливании труб.

При опускании труб в котлован находиться под грузом запрещается.

Ручная разработка грунта и производство других видов работ, связанных с необходимостью нахождения людей в продавливаемом трубопроводе, допускаются, если диаметр трубопровода не менее 800, 1000, 1200 и 1400 мм при длине соответственно до 18, 30, 60 и более 60 м. В трубопроводе должно одновременно находиться не менее 2 чел.

Забор подаваемого в трубопровод воздуха должен производиться в местах, не загрязненных пылью, газами, дымом.

При ручной разработке грунта в продавливаемом трубопроводе использовать естественную вентиляцию возможно при диаметре труб 1020 мм и выше на длине до 10 м; при длине более 10 м должна быть обеспечена подача свежего воздуха к рабочему месту.

Вентиляционную установку следует включать за 15—20 мин до начала работы. Длительность непрерывного пребывания рабочих внутри трубопровода не должна превышать 1 ч, интервалы между рабочими циклами 30 мин.

При работе в водонасыщенных грунтах для предотвращения прорыва воды в забой необходимо в ножевом звене устраивать аварийный затвор.

Котлованы, из которых производят продавливание или прокол, обеспечивают в случае необходимости средствами быстрой эвакуации людей. Котлован должен быть огражден от затопления поверхностными водами.

Между рабочими, занятыми внутри трубопровода, и находящимися вне забоя (на поверхности), обеспечивается надежная связь.

Для освещения рабочих мест в стесненных и особо опасных условиях (сырые участки, теснота, неудобное положение в трубе) применяется напряжение не выше 12 В. Лампа освещения должна быть ограждена металлической сеткой.

Рабочие, выполняющие работы по продавливанию труб, должны иметь II группу допуска по электробезопасности, а также удостоверение стропальщика.

Глава 5
Производство земляных работ при строительстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки

5.1. Общие сведения

В больших городах все острее ощущается нехватка земельных участков (для разбивки новых скверов, создания стоянок транспорта, пешеходных зон и др.), что вызывает необходимость повышения плотности застройки и образования новых искусственных уровней.

Экономия площадей вызывает изменение существующих объемно-планировочных решений при строительстве и реконструкции микрорайонов городов. Поэтому зачастую увеличивают объемы подземной части возводимых зданий и сооружений, возникает необходимость в строительстве подземных транспортных коммуникаций и специальных подземных сооружений.

Строительство подземных сооружений сопряжено со значительными капитальными вложениями. В зависимости от вида подземного объекта, а также от градостроительных и инженерно-геологических условий стоимость строительства подземных сооружений может в 1,5...2 раза и более превышать стоимость строительства аналогичных наземных сооружений. Эта разница в стоимости значительно уменьшается при плотной городской застройке и интенсивном движении транспорта. В этом случае стоимость наземных сооружений значительно возрастает (за счет необходимости сноса зданий и переоборудования транспортных и пешеходных путей) и приближается к стоимости подземных сооружений, а иногда и превышает ее (при благоприятных инженерно-геологических условиях, малых объемах работ по перекладке подземных коммуникаций и т. п.).

Подземными сооружениями принято называть такие сооружения, главные части которых по эксплуатационным, экономическим или оборонным соображениям расположены под землей.

В современных городах подземные сооружения многочисленны и разнообразны. Они могут быть предназначены для пропуска или хранения транспортных средств (тоннели, гаражи), размещения промышленных, коммунально-бытовых, торговых и зрелищных предприятий, а также иметь многоцелевое назначение—объединять транспортные, инженерные объекты, предприятия торговли, сооружения гражданской обороны и пр.

В зависимости от глубины заложения подземных сооружений, их градостроительных и конструктивных особенностей, а также инженерно-геологических условий строительство сооружений осуществляют открытым (в котлованах и траншеях) или закрытым (в подземных выработках различного сечения) способом.

5.2. Строительство подземных сооружений открытым способом

Крепление стенок котлованов. Возведение сооружений в котлованах и траншеях предусматривает возведение подземных конструкций в предварительно открытых котлованах (траншеях) с последующей обратной засыпкой грунтом и послойным его уплотнением,

а также восстановлением дорожного покрытия над подземным сооружением.

При невозможности отрывки котлованов с откосами из-за стесненности производства земляных работ устраивают котлованы с вертикальными стенками, закрепленными временным ограждением. Ширина котлована при этом получается минимальной, несколько превышающей размеры временного сооружения. Между ограждением стен котлована и конструкцией оставляют зазор около 15...20 см для размещения слоев гидроизоляции и защитной стенки, а также для компенсации возможных отклонений при забивке свай или шпунта. Увеличение зазора до 0,8...1 м обеспечивает высокое качество и целость наружной гидроизоляции, но вызывает увеличение объемов земляных работ на 5...10 % за счет уширения котлована.

Применяют различные способы временного крепления котлованов. В грунтах естественной влажности или осушенных водопонижением устраивают свайные крепления из металлических, железобетонных (забивных) или бетонных (буронабивных) свай, между которыми устанавливают затяжку из досок, железобетонных плит или наносят покрытие из набрызг-бетона.

В водонасыщенных грунтах с низкой степенью водоотдачи, когда нельзя применить искусственное понижение уровня грунтовых вод, устраивают сплошное шпунтовое ограждение или производят искусственное замораживание стен котлована.

Для широких и глубоких котлованов используют консольно-распорное крепление с телескопическими расстрелами. Сваи из двутавровых балок № 40...60 забивают вдоль бровок будущего котлована с шагом $a=0{,}5...1{,}5$ м, заглубляя их ниже подошвы подземного сооружения на $H_з=3...5$ м. По мере разработки грунта стены котлована между сваями закрепляют деревянной дощатой затяжкой. Доски толщиной 5...7 см заводят за полки свай и расклинивают грунтом.

При глубине котлована до 3...4 м свайное крепление его стенок может работать консольно, воспринимая боковое давление за счет заделки. При бо́льшей глубине котлована требуется дополнительное раскрепление свай. Для этого по сваям на расстоянии не менее 0,5 м от верха будущей конструкции подземного сооружения устанавливают продольные пояса-обвязки

из двутавровых балок. В пояса упирают поперечные распорки-расстрелы, располагая их через 4...6 м вдоль оси котлована.

Для передачи нагрузки от свай на расстрелы между каждой сваей и балками обвязки устанавливают стальные клинья. При большой глубине котлована (более 10 м) и значительном боковом давлении грунта расстрелы устанавливают по высоте в несколько рядов.

Конструкции расстрелов выполняют чаще всего из металла составного профиля (из двух швеллеров или четырех уголков, соединенных накладками на сварке). Применяют также трубчатые расстрелы диаметром 30...40 см и телескопические прямоугольного или трубчатого сечения.

Трубчатые телескопические расстрелы состоят из двух труб разного диаметра. Для закрепления таких расстрелов на поясах к ним приваривают торцевые плиты с крюками. Изменяя величину захода одной трубы в другую, можно регулировать длину расстрелов. Обеспечение необходимого распора достигается гидравлическими домкратами, закрепленными на концах трубы большего диаметра и упирающегося в стальные упоры, приваренные по периметру трубы меньшего диаметра.

Поперечное крепление котлованов с применением расстрелов обладает достаточной жесткостью и обеспечивает многократное использование элементов крепи. Однако при ширине котлована более 15..20 м расстрелы получаются громоздкими и тяжелыми (масса одного расстрела может составлять 2...3 т и более). Поэтому в ряде случаев требуется установка диагональных связей в плоскости расстрелов, что вызывает дополнительные трудности при производстве работ.

В последние годы взамен системы крепления с применением расстрелов для удержания в проектном положении свай или шпунта используют грунтовые анкеры (рис. 5.1), устраиваемые следующим образом. После разработки котлована до определенной отметки под заданным углом к горизонту забуривают скважины диаметром 20...30 см и глубиной 8...20 м, обеспечивая расположение данной части скважины за пределами возможной призмы обрушения. В скважины помещают анкерные оттяжки, закрепляя их по всей длине

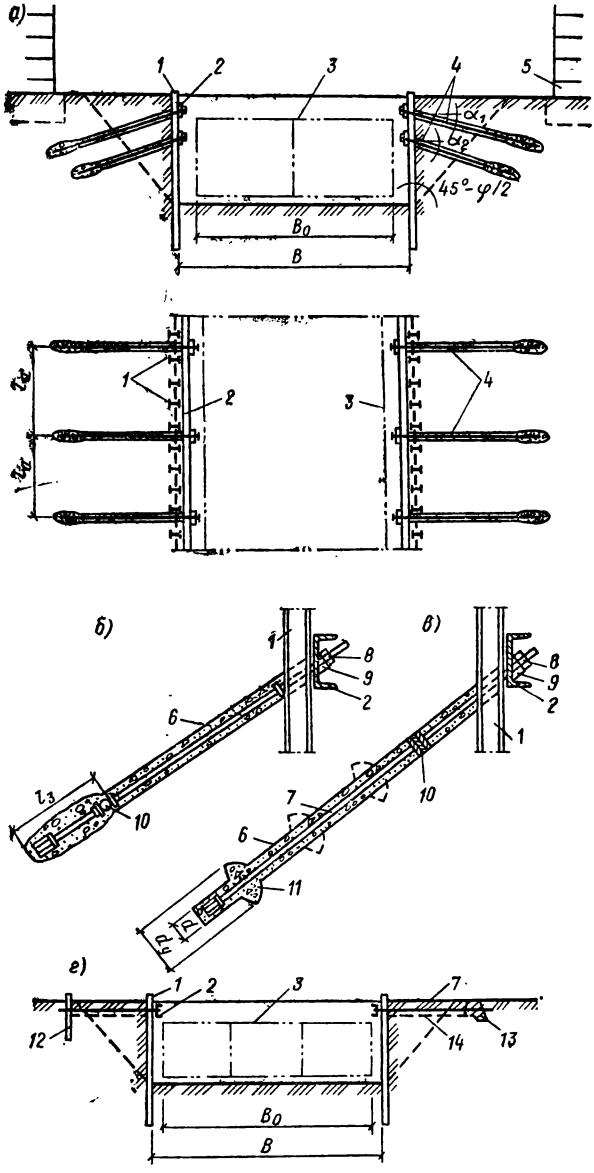


Рис. 5.1. Схемы анкерного крепления котлована (*а*, *г*) и конструкция анкеров (*б*, *в*)

1 — сваи; *2* — пояса; *3* — контур подземного сооружения; *4* — анкеры; *5* — застройка; *6* — контур скважины; *7* — анкерный тяж; *8* — гайка; *9* — упор; *10* — уплотнитель; *11* — уширение; *12* — маячная свая; *13* — массив; *14* — дно траншеи

или только в нижней части скважины и на продольных поясах. Затем анкерами армируют грунтовой массив, ограничивая его перемещение и обеспечивая тем самым устойчивость ограждения котлована.

В подземном строительстве применяют как временные, так и постоянные анкеры, удерживающие элементы несущих конструкций. Конструкции анкеров отличаются видом оттяжек, соединяющих заанкерованную в грунте часть с продольными поясами, применяют стальные трубы, стержни периодического профиля диаметром 18...40 мм, а также высокопрочную проволоку в виде пучков, прядей или канатов с пределом прочности на разрыв до 1800 МПа. По способу заделки в грунт различают трубчатые ненапрягаемые анкеры без уширения или с уширением. Трубчатые анкеры могут закрепляться по всей длине скважины или только в части ее. Наиболее универсальными являются буровые инъекционные анкеры, применяемые в различных грунтах, за исключением сильносжимаемых, просадочных, текучих или набухающих, в которых невозможно обеспечить требуемую заделку.

Грунтовые анкеры располагают по длине котлована через 3...5 м в один или несколько ярусов по высоте. Обычно верхние анкеры более загружены и их делают длиннее нижних. Угол наклона анкеров к горизонту не должен превышать 25...30°, так как при этом снижаются горизонтальные составляющие удерживающего усилия и возрастает нагрузка на крепь.

Несмотря на то что технология работ по устройству анкеров сложнее, чем при устройстве расстрелов, а стоимость работ на 8...10 % выше, анкерная крепь эффективней, особенно при креплении широких и глубоких котлованов.

Различные системы крепления котлованов с применением забивных свай или шпунта требуют значительного расхода металла. Несмотря на то что 80 % свай и шпунта удается извлечь после окончания строительства подземного сооружения, значительная их часть оказывается непригодной для повторной забивки. Однако при забивке свай или шпунта могут возникнуть повреждения расположенных поблизости зданий, а также создаются значительный шум и вибрация. В настоящее время для ограждения стен котлованов взамен забивных металлических свай и шпунта

применяют буронабивные сваи или опущенные в заранее пробуренные скважины железобетонные сваи-стойки. Такие ограждения применяют при строительстве различных гидротехнических и транспортных сооружений. Например, в Москве на экспериментальном участке транспортного тоннеля метро (глубина заложения 6,3 м) стены котлованов крепили железобетонными сваями-опорами, опущенными в пробуренные скважины диаметром 50 см и заглубленными на 5 м ниже подошвы котлована. Расстояние между сваями составляло 2,2 м. Пространство между сваями крепили заводимыми за них стеновыми панелями. Благодаря защемлению свай установка расстрелов не требовалась.

Схемы производства работ. Работы по устройству подземных сооружений при открытом способе ведут по параллельной или последовательной схеме. При параллельной схеме все технологические процессы выполняют одновременно на различных участках, начиная с забивки свай и кончая их извлечением. Такая поточная технология требует отвода 100...150 м территории. При невозможности обеспечения такого фронта работ, а также при строительстве относительно коротких подземных сооружений (менее 100 м) применяют последовательную схему, при которой каждую очередную операцию выполняют после завершения предыдущей на всей длине объекта. При этом достигаются сокращение длины участка работ и уменьшение потребности в рабочей силе. При обеих схемах производства работ основные технологические процессы выполняют аналогичным образом.

После забивки свай или шпунта начинают разработку грунта в котловане сразу до проектной отметки или в несколько ярусов (в зависимости от глубины котлована).

В первом случае при глубине котлована до 8...10 м грунт разрабатывается эскаваторами-драглайнами, установленными на поверхности, и бульдозерами, опущенными в котлован. Бульдозеры срезают грунт непосредственно у свай или шпунта и перемещают его в зону работы экскаватора (рис. 5.2). Затем разработанный грунт погружают в самосвалы, часть его вывозят в отвал, а часть используют для обратной засыпки котлована. В процессе разработки котлована при не-

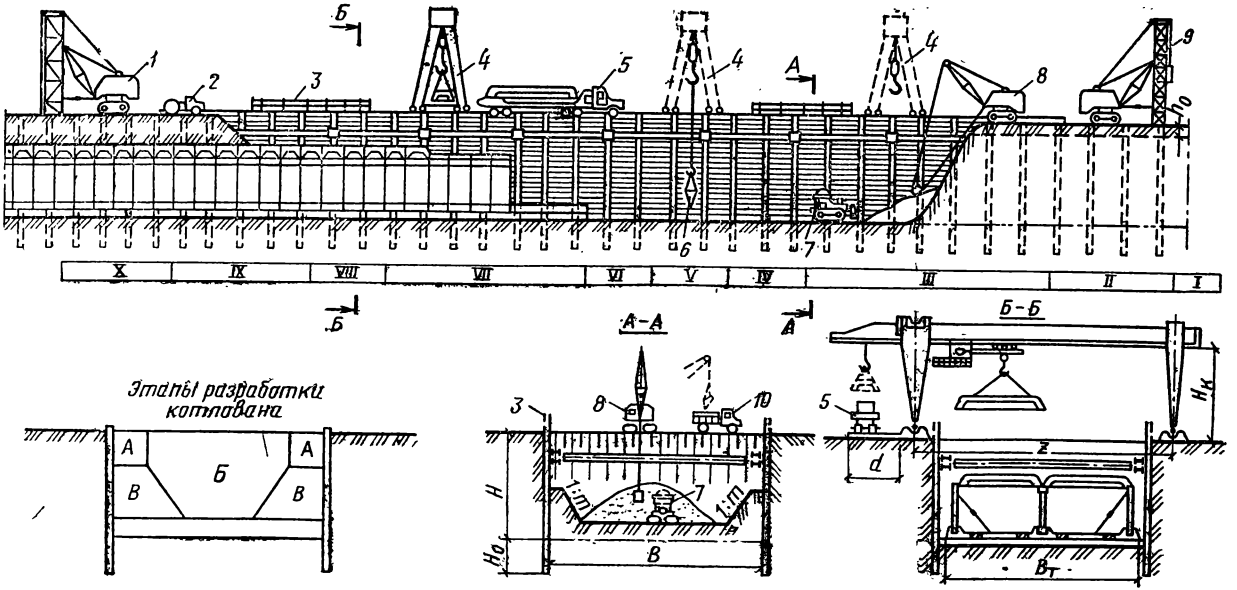


Рис. 5.2. Технологическая схема сооружения тоннеля в котловане со свайным креплением

I — вскрытие контрольной траншеи; *II* — забивка свай; *III* — разработка грунта; *IV* — планировка дна котлована; *V* — устройство бетонной подготовки; *VI* — гидроизоляция лотка; *VII* — монтаж обделки; *VIII* — гидроизоляция стен и перекрытия; *IX* — обратная засыпка конструкции; *X* — извлечение свай; *1* — установка для извлечения свай; *2* — каток; *3* — ограждение котлована; *4* — козловой кран; *5* — трайлер; *6* — бадья для бетона; *7* — бульдозер; *8* — экскаватор; *9* — установка для забивки свай; *10* — самосвал

значительном притоке подземных вод выполняют открытый водоотлив насосами, установленными на поверхности земли или в котловане. По мере разработки грунта в котловане ведется геодезический контроль, измеряются объемы земляных работ.

Одновременно с разработкой грунта в котловане за полки свай заводят доски затяжки, раскрепляя их клиньями. При углублении котлована устраивают распорную или анкерную крепь. Вначале по сваям устанавливают пояса из двутавровых или швеллерных балок, закрепляя их на кронштейнах, приваренных к полкам свай. После этого монтируют расстрелы, распирая их в пояса клиньями или домкратами. Монтаж поясов и расстрелов производят стреловыми гусеничными или колесными кранами, установленными на бровке котлована, а также козловыми кранами.

Анкерные оттяжки инъекционных анкеров натягивают гидравлическими домкратами и закрепляют их на поясах с помощью наклонной анкерной плиты и фиксирующей гайки.

После раскрепления свай или шпунта завершают работы по вскрытию котлована.

По выровненному и уплотненному основанию укладывают щебеночную или бетонную подготовку толщиной 10..15 см (работы ведут на участке длиной 10...12 м). Бетонную смесь обычно доставляют централизованно с бетонных заводов и подают в котлован кранами в контейнерах (бадьях) или бетононасосами, уплотнение ее производят площадочными вибраторами или виброрейками.

Поверхность бетонной подготовки выравнивают цементной стяжкой толщиной 2...3 см. По стяжке наносят гидроизоляционное покрытие, а затем в лотке возводят конструкцию подземного сооружения.

Обделки из монолитного железобетона устраивают в деревянной или металлической инвентарной опалубке. Бетон за опалубку укладывают краном или бетононасосом с послойным уплотнением глубинными вибраторами.

Сборные конструкции монтируют колесными или гусеничными стреловыми кранами с бровки котлована, в котловане или с перекрытия готовой части подземного сооружения.

При строительстве подземных комплексов зально-

го типа, занимающих ограниченную по размерам территорию, применяют башенно-стреловые краны грузоподъемностью 5...15 т.

При строительстве протяженных подземных сооружений (длиной более 300...400 м) и при ширине котлована 15...20 м целесообразно использовать консольно-козловые краны грузоподъемностью 20...30 т, пролетом 30...40 м.

Такие краны перемещаются по рельсам, уложенным на бровках котлована или на бермах его откосов, и могут кроме монтажа конструкций устанавливать временную крепь котлована, подавать в рабочую зону бетонную смесь, материалы и оборудование.

На период монтажа все элементы должны быть надежно закреплены. Смонтированные конструкции подземного сооружения изолируют по стенам и перекрытию, защищая изоляцию от возможных повреждений кирпичной стенкой, железобетонными блоками или слоем торкрет-бетона по металлической сетке. По перекрытию подземного сооружения укладывают слой бетона толщиной 15...20 см с армированием стальными сетками. Готовую конструкцию засыпают песчаным грунтом слоями по 20...30 см с поливкой водой и уплотнением пневматическими или электрическими ручными трамбовками. Засыпку пазух производят одновременно с двух сторон во избежание одностороннего бокового давления грунта. На перекрытие грунт отсыпают слоями по 50...60 см с уплотнением катками или вибротрамбовочными машинами.

После засыпки пазух расстрелы, пояса обвязки демонтируют, сваи или шпунт извлекают с помощью копровых установок на гусеничных экскаваторах, виброустановок или гидродомкратных установок. Монтажные и отделочные работы в подземном сооружении выполняют в последнюю очередь.

Для максимальной механизаци работ по разработке, погрузке грунта и устройству обделки при строительстве городских тоннелей мелкого заложения открытым способом применяют подвижную металлическую крепь незамкнутого профиля, перемещающуюся путем отталкивания от смонтированной обделки стен или стен выработки. Применение подвижной крепи исключает стационарное крепление стен котлована.

Подвижную крепь применяют при строительстве перегонных тоннелей метрополитена, однако ее можно использовать при строительстве автотранспортных и пешеходных городских тоннелей большой протяженности. Работы с применением такой крепи можно вести в любых нескальных грунтах, за исключением неустойчивых глинистых или плывунных. При высоком уровне грунтовых вод работы производят с искусственным водопонижением.

В СССР и за рубежом созданы различные виды подвижной крепи, отличающиеся размерами, способом перемещения и конструктивными особенностями. Например, на ряде участков строительства Московского метрополитена применяли щитовой агрегат открытого профиля в сочетании с цельносекционной железобетонной обделкой.

Щит представляет собой металлоконструкцию прямоугольного очертания длиной поверху около 10, высотой 7,5...8,2 м и массой около 300 т (рис. 5.3). Ширина щита может изменяться за счет установки специальных вставок. Корпус щита состоит из отдельных сварных элементов, соединенных на болтах. По длине щит разделен на три части: ножевую, опорную и хвостовую. Ножевая часть со скошенной передней кромкой предназначена для предотвращения возможных обрушений грунта и для ровного оконтуривания стен выработки.

С горизонтальных перегородок производят крепление лобового откоса выемки при остановке щита, здесь также смонтирован и пульт управления гидроприводом и электрическим оборудованием.

Опорная часть имеет 30...36 гидравлических домкратов, каждый из которых развивает усилие порядка 800 кН и имеет ход поршня 1,15 м. Опорная часть щита отделена от ножевой части сплошной стальной диафрагмой.

Хвостовая часть щита выполнена из вертикальных стальных листов, шарнирно закрепленных на опорной части для лучшего вписывания щита в кривые. На участке хвостовой оболочки установлена тележка с бункерами для песка, которым заполняют зазоры между обделкой и стенками выработки.

Для монтажа обделки на опорной части щита смонтирован двухконсольный козловый кран грузо-

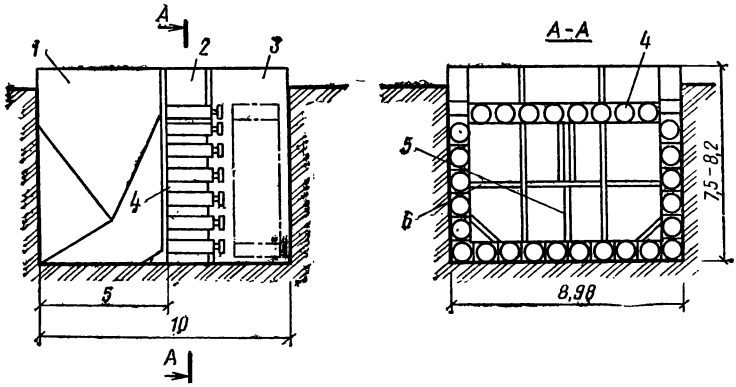


Рис. 5.3. Конструкция щита открытого профиля

1 — ножевая часть; *2* — опорная часть; *3* — хвостовая оболочка; *4* — гидравлические домкраты; *5* — вертикальные перегородки; *6* — горизонтальные перегородки

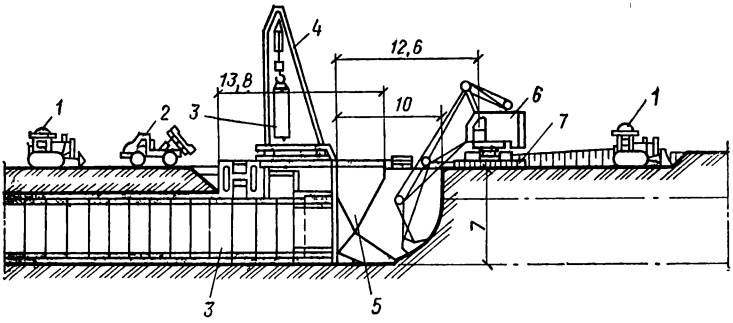


Рис. 5.4. Технологическая схема сооружения тоннеля щитом открытого профиля

1 — бульдозер; *2* — самосвал; *3* — секция обделки; *4* — козловой кран; *5* — щит; *6* — экскаватор; *7* — платформа

подъемностью 10 т. Вместо козлового может быть установлен башенный кран, имеющий при том же вылете крюка меньшую массу.

Работы с применением щита открытого профиля производят по параллельной схеме. До начала работ должна быть оборудована строительная площадка и устроены подъездные пути для доставки деталей щита и секций обделки. Щит собирают в предварительно открытом котловане шириной около 11 и длиной 20 м, в котором устраивают упорную стенку для начального

передвижения щита. Грунт в ножевой части разрабатывают ковшовым стругом, расположенным непосредственно на щите, или экскаватором, установленным на специальной технологической платформе, с рабочим оборудованием — драглайном или обратной лопатой (рис. 5.4).

После каждой передвижки щита платформа перемещается вперед тягачом или бульдозером, срезающим верхний слой грунта по трассе тоннеля с целью обеспечения ровной поверхности для передвижения платформы.

В котловане грунт разрабатывают отдельными заходками длиной 0,75...1 м. В процессе вскрытия котлована экскаватор перемещается по обе стороны от оси тоннеля, выгружая грунт в самосвалы. Боковые призмы грунта шириной около 1 м подрезают ножевой частью во время передвижки щита.

Одновременно с разработкой грунта монтируют обделку. Отдельные железобетонные секции тоннеля шириной 0,73 м, массой 6,68 т доставляют к месту установки трайлером грузоподъемностью 20 т. В проектное положение секции устанавливают двухконсольным козловым краном грузоподъемностью 10 т, который перемещается 6-тонными домкратами по специальным направляющим.

Щитовой способ работ исключает необходимость применения дефицитного и дорогостоящего крепления стен котлована.

За счет совмещения во времени и сближения операций по разработке грунта и возведению обделки длина рабочего участка, стесняющего уличное движение, не превышает 30...40 м. Достоинством этого способа работ является то, что разработка грунта в котловане и монтаж обделки выполняют в свободном, не загроможденном крепью пространстве.

Опыт сооружения двухпутных перегонных тоннелей Московского метрополитена щитом открытого профиля подтверждает возможность достижения скоростей проходки до 150...200 м/мес. Однако щитовая проходка возможна только в сочетании с цельносекционной обделкой, причем длина секций ограничена ходом штоков щитовых домкратов.

Открытый способ строительства подземных сооружений характеризуется высокой степенью механиза-

ции, позволяет применять индустриальные конструкции и высокопроизводительные машины и оборудование. Однако в условиях плотной городской застройки и интенсивного уличного движения применение данного способа не всегда эффективно. Разработка широких котлованов на участках длиной 10...150 м приводит к нарушению условий движения наземного транспорта на весь период строительства тоннеля. Кроме того, при этом требуются выполнение значительного объема земляных работ и большой расход металла на временное крепление.

5.3. Строительство подземных сооружений закрытым способом

Общие сведения. Закрытый способ строительства подземных сооружений по сравнению с открытым уменьшает объемы земляных работ на 60—80 % (при глубине траншей более 6 м), не нарушает движение наземного транспорта, а также позволяет вести строительство круглогодично без удорожания работ в зимних условиях. Этим способом можно устраивать подземные сооружения и коммуникации различного назначения с помощью щитовой проходки, а также продавливания, горизонтального бурения, прокола, вибропрокола и пневмопробивки.

Щитовую проходку применяют для устройства тоннелей различного назначения с глубиной заложения более 6 м. При щитовом способе проходки тоннелей основным механизмом является щит — металлическая конструкция преимущественно круглого сечения, под защитой которой возводится тоннель подземного сооружения. Щит состоит из режущей, опорной и хвостовой частей.

Режущая ножевая часть щита в разрезе имеет клиновидную форму с углом заострения 20...35°, а в целом представляет собой усеченный конус. В опорной части расположены гидравлические домкраты, служащие для передвижения щита и уплотнения обделки. В хвостовой части монтируют тюбинги и кольца. Внутренний диаметр хвостовой части равен наружному диаметру обделки тоннеля.

По конструкции щиты могут быть цельными или сборными (из нескольких частей). Разборные щиты легче перевозить, но они требуют более тщательного

изготовления. По способу разработки и транспортировки грунта щиты подразделяются на немеханизированные и механизированные.

Немеханизированные щиты просты в употреблении и широко применяются при проходке тоннелей диаметром до 2, 5 м.

Немеханизированные проходческие щиты по конструктивным особенностям подразделяются на щиты с открытой головной частью, с закрытой, с жесткими решетками и с жесткими горизонтальными полками.

Щиты с открытой головной частью применяют в любых грунтовых условиях, в том числе в неустойчивых породах, но в сочетании со специальным закреплением грунтов, а с закрытой головной частью— в неустойчивых грунтах без предварительного их укрепления.

В пластичных грунтах хорошие результаты показали щиты с жесткими решетками, а в сыпучих грунтах — с горизонтальными полками, различными по диаметру и конструктивным особенностям.

В настоящее время применяют щиты диаметром более 2 м московского и ленинградского типа, имеющие подобные конструктивные решения [15].

Механизированные щиты более производительны, но сложнее в эксплуатации. Они оснащены исполнительным рабочим органом, с помощью которого производят разработку грунта (в некоторых случаях — и крепление лба забоя), а также грунтозаборными устройствами для удаления грунта за пределы щита.

При работе механизированных щитов значительно снижается трудоемкость работ, возрастают скорости проходки, обеспечивается ровный контур выработки, что позволяет применять рациональные типы обделок (обжатые в грунт, монолитно-прессованные и др.).

Применяемые в СССР и за рубежом механизированные щиты предназначены главным образом для проходки выработок малых и средних размеров: коммунальных, гидротехнических тоннелей и перегонных тоннелей метрополитена (диаметром до 5,5...6 м).

В нашей стране разработку щитовых проходческих комплектов для подземного строительства (в том числе прокладки коллекторов) осуществляет ЦНИИподземмаш.

Механизированные щиты могут быть с различными рабочими органами: роторным, штанговым, экскаваторным, планетарным, а также с гидромеханическим и комбинированным воздействием на забой, с активными горизонтальными полками или режущей решеткой. Все типы щитов приводят в работу в основном электродвигателями, а некоторые — гидродвигателями.

Технология работ. Перед началом основных работ по строительству подземных сооружений закрытым способом намечают трассу подземного тоннеля и производят усиление фундаментов зданий, под которыми проходит трасса (если это предусмотрено проектом). Затем устраивают вертикальный ствол шахты для спуска и подъема проходческих щитов, рабочих, выдачи разработанного грунта, подачи материалов и конструкций для крепления стен тоннеля, обеспечения вентиляции и водоотлива. По трассе тоннеля устраивают вентиляционные стволы, расстояние между которыми определяют с учетом размещения смотровых колодцев и камер. Диаметр ствола шахты зависит от диаметра щита и принимается в 1,5...2 раза больше последнего.

Шахтный ствол в плане имеет круглую или прямоугольную форму. Устойчивость вертикальных стенок ствола обеспечивается устройством крепи: деревянной, деревометаллической, из сборных железобетонных тюбингов, из монолитного железобетона.

Проходку шахтных стволов производят поярусно с применением специальных механизированных щитов, малогабаритного землеройного оборудования с выдачей грунта на поверхность скипами и в бадьях, а также с применением буровзрывных работ, в том числе с одновременным уплотнением их стенок.

После устройства шахтного ствола с креплением его стенок до проектной отметки приступают к работам по сооружению тоннеля. При этом выполняют следующий комплекс работ: разработку грунта в забое с погрузкой его на внутритоннельный транспорт, подъем грунта на поверхность с погрузкой его в самосвалы, подачу материалов обделки на рабочее место с креплением стен тоннеля, расчеканку швов между блоками и нагнетание песчано-цементного раствора за обделку.

Общая схема щитовой проходки тоннеля с приме-

нением комплекса оборудования по проекту ЦНИИподземшахтостроя показана на рис. 5.5.

В головной части проходки размещают щит с бетоноукладчиком. Внутри щита под защитой козырька ведут разработку грунта, который по ленточному перегружателю поступает в вагонетки, перемещаемые вдоль тоннеля электровозом. В конце тоннеля грунт по вертикальному стволу поднимают в вагонетках-бадьях вместимостью 0,15...2 м^3 кранами или специальной подъемной установкой, смонтированной на одноклетевом копре. Для механизированной погрузки грунта в транспортные средства сбоку шахтного ствола на расстоянии 6 м устраивают металлическую раму с раздаточным бункером, под который подъезжают самосвалы для загрузки грунтом.

5.4. Земляные работы при возведении сооружений методом «стена в грунте»

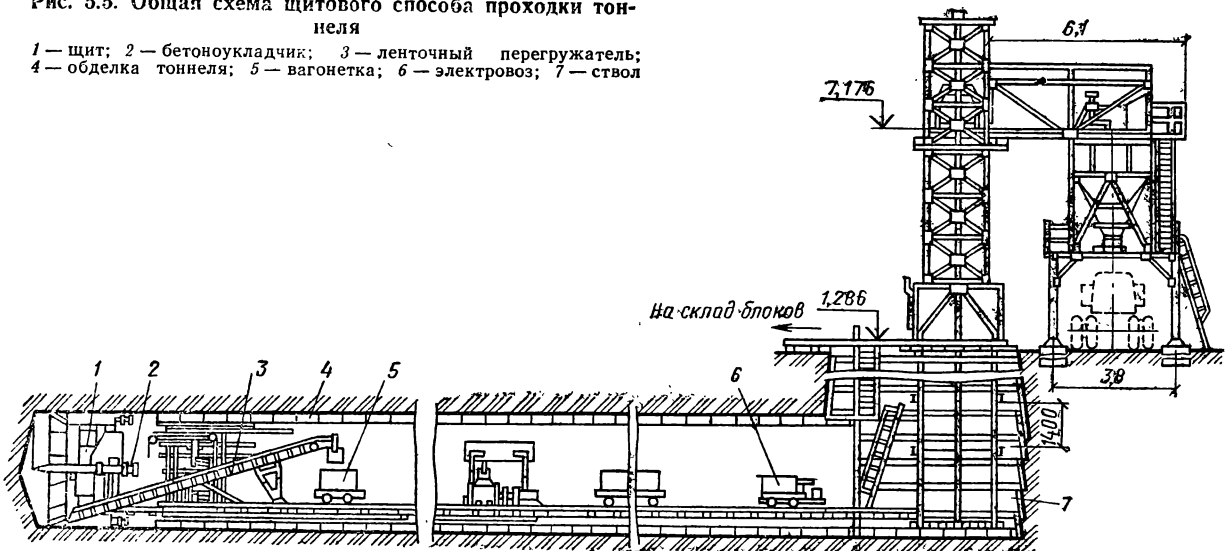
Способ «стена в грунте» предназначен для возведения заглубленных в грунт сооружений различного назначения. Сущность его заключается в том, что стены заглубленного сооружения возводят в узких и глубоких траншеях, вертикальные борта которых удерживаются от обрушения при помощи глинистой суспензии, создающей избыточное гидростатическое давление на грунт и выполняющей, таким образом, роль крепления траншеи. После устройства в грунте траншей необходимых размеров их заполняют монолитным железобетоном, сборными железобетонными элементами или грунтовыми материалами. После окончания устройства «стены в грунте» по периметру сооружения или котлована производят разработку грунта и транспортировку его из котлована обычными методами, т. е. с использованием экскаваторов, самосвалов и другого оборудования.

Применение способа «стена в грунте» наиболее эффективно в сложных гидрогеологических условиях, при наличии высокого уровня грунтовых вод, водоупора на практически достижимой глубине, при устройстве подземных помещений и ограждений котлованов в городских условиях вблизи существующих зданий.

Опыт строительства за рубежом и в нашей стране показал, что способ «стена в грунте» может быть ус-

Рис. 5.5. Общая схема щитового способа проходки тоннеля

1 — щит; *2* — бетоноукладчик; *3* — ленточный перегружатель; *4* — обделка тоннеля; *5* — вагонетка; *6* — электровоз; *7* — ствол



пешно применен при строительстве гражданских подземных помещений нежилого назначения (гаражей, торговых центров, складов, кинотеатров и т. д.); промышленных подземных помещений (цехов I и II размолов на обогатительных фабриках, установок для непрерывной разливки стали и т. д.); водозаборных сооружений (насосных станций, очистных сооружений); подземных улиц и проездов, тоннелей мелкого заложения транспортного назначения; фундаментов зданий и ограждений котлованов для устройства подземных помещений вблизи существующих зданий; сухих доков и шлюзов, набережных и других гидротехнических сооружений.

Стены сооружений и ограждений котлованов, устраиваемые способом «стена в грунте», могут иметь различную форму в плане; прямоугольную, круглую, многоугольную и т. д. В конструкциях подземных сооружений, состоящих из прямолинейных стенок, расстояние между стенками, как правило, принимается 15...20 м из расчета прочности и устойчивости распорок, а при расстоянии более 20 м устойчивость стен обеспечивается анкерами.

В настоящее время глубина котлованов для подземных сооружений обычно ограничивается 30...35 м. Величина заглубления стен в водоупор составляет 0,5...1 в скальных грунтах и до 1,5...2 м в пластичных суглинках и глинах.

Траншеи разрабатывают шириной 40...100 см редко обычным (обратной лопатой, драглайном), как правило, специальным землеройным оборудованием. После устройства траншеи из сборных железобетонных панелей или из монолитного бетона возводят «стену в грунте» (рис. 5.6).

В Советском Союзе разработан и внедрен в практику строительства ряд конструкций траншеекопателей для рытья глубоких траншей: буровые и бурофрезерные машины с транспортировкой разработанного грунта эрлифтом — агрегаты СВД-500, СВД-500Р и УБС-1 конструкции Киевского отдела Гидропроекта им. С. Я. Жука и гидромеханизированный траншеекопатель (ГТМ) конструкции ВНИИГС Минмонтажспецстроя СССР (табл. 5.1); ковшовые машины конструкции НИИСП Госстроя УССР — широкозахватные грейферы ШГ-500, ШГ-700 и ШГ-1000, штанговые

5.1. Оборудование отечественного производства для разработки траншей при способе «стена в грунте»

Показатель	Буровые машины			Ковшовые машины				
	СВД-500	СВД-500Р	УБС-1	гидромеханизированный траншеекопатель (ГМТ)	широкозахватный грейфер	штанговый экскаватор	траншейный драглайн	плоский грейфер
Ширина траншеи, м	0,5...0,6	0,5...0,7	0,55...0,7	0,6...0,8	0,5...1	0,6...0,8	0,6...1,1	0,6
Глубина траншеи, м	30	50	25	20	30	12...18	12...16	30
Базовая машина	Экскаватор Э-652Б	Специальная			Экскаваторы		Экскаваторы	
					Э-10011	Э-1252Б	Э-652Б	Э-10011
Вместимость ковша, м³	—	—	—	—	0,6...1	0,6...1,8	0,6...1,2	0,6
Длина захватки, м	—	—	—	—	3,5...5	2...3	—	3,2
Комплектующее оборудование	Компрессор ДК-9-2, установка 4СГУ-2-2			Компрессор ДК-9, вибросито, гидроциклон	—	—	—	Буровой станок УКС-30
Масса, т:								
общая	35	45	47	27	—	—	—	—
навесного оборудования	15	—	—	—	2...3,5	1...1,7	1...1,7	3...2
Тип двигателя основной машины	Электрический			Дизельный				

Продолжение табл. 5.1

Показатель	Буровые машины			Ковшовые машины				
	СВД-500	СВД-500Р	УБС-1	гидромеханизированный траншеекопатель (ГМТ)	широкозахватный грейфер	штанговый экскаватор	траншейный драглайн	плоский грейфер
Группа разрабатываемого грунта	Породы с коэффициентом крепости до 10 (по М. М. Протодьяконову)			I...III	I...IV	I...IV	I...III	I...IV
Численность обслуживаемого персонала, чел.	4	4	4	4	2	2	2	2
Формы разрабатываемых траншей в плане	Длинные прямолинейные			Любой формы	Прямые и полигональные		Прямые	Прямые и полигональные
Виды глин для приготовления глинистой суспензии	Бентонитовые				Местные жирные с добавками реагентов и с применением диспергаторов			
Изготовитель	Челябинский механический завод Минэнерго СССР			Люберецкий завод буровых машин	Ремонтно-механические заводы Минтяжстроя, Минмонтажспецстроя УССР, Минпромстроя УССР, НИИСП Госстроя УССР			Опытный завод гидромеханизации
Организация-разработчик	ПКО института Гидропроект им. С. Я. Жука, Киев			ВНИИГС, Ленинград				Фундаментпроект, Москва

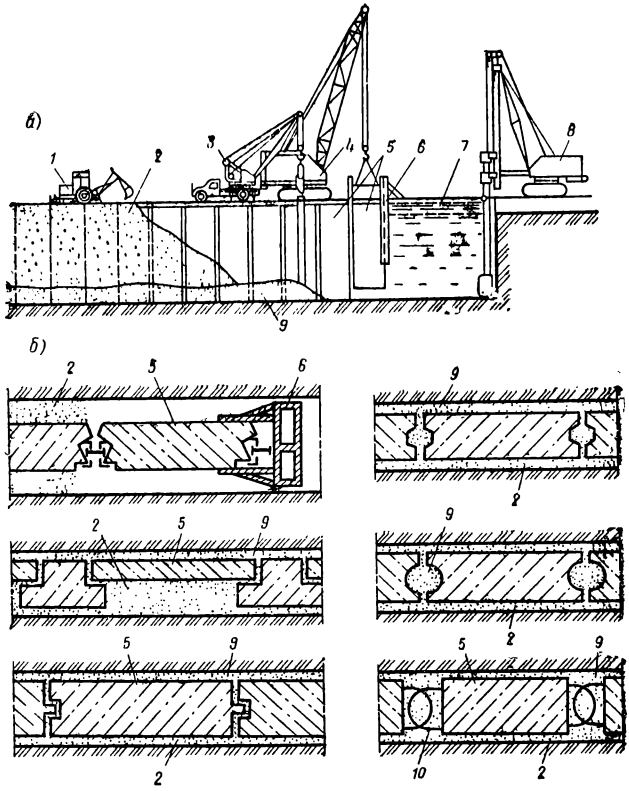


Рис. 5.6. Возведение «стены в грунте» из сборных железобетонных панелей

а — общая схема; *б* — виды сопряжения панелей; *1* — экскаватор; *2* — песчаная смесь; *3* — пневмоколесный кран; *4* — гусеничный кран; *5* — железобетонная панель; *6* — кондуктор; *7* — участок траншеи, заполненный глинистым раствором; *8* — штанговый экскаватор; *9* — цементный раствор; *10* — петлевые выпуски арматуры

экскаваторы ШЭ-600 и ШЭ-800, траншейные драглайны ТД-600 и ТД-1100; плоский грейфер конструкции Фундаментпроекта.

Разработку траншей ведут горизонтальными или вертикальными забоями.

Траншею при горизонтальном забое составляют из захваток — шурфов, длина которых меньше их глубины. Разработку ведут на всю длину захватки горизонтальными или слабонаклонными слоями сверху вниз.

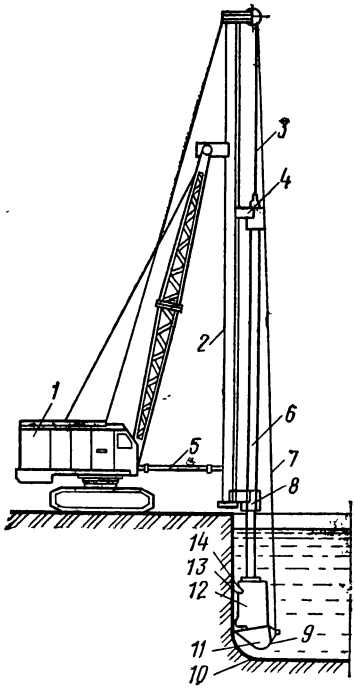


Рис. 5.7. Штанговый экскаватор конструкции НИИСП

1 — базовая машина; *2* — копровая стойка; *3* — подъемный канат; *4* — верхняя (подвижная) каретка; *5* — гипроцилиндр; *6* — штанговая рукоять; *7* — тяговый (разгрузочный) канат; *8* — нижняя (неподвижная) каретка; *9* — кронштейн; *10* — тупиковый угол забоя; *11* — нижняя (грейферная) часть ковша; *12* — верхняя (струговая) часть ковша; *13* — струговой нож; *14* — окно для приема стружки грунта

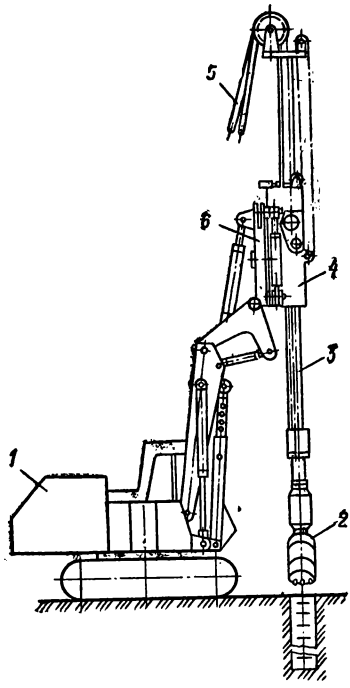


Рис. 5.8. Гидравлический грейфер конструкции ВНИИстройдормаша на базе экскаватора ЭО-5122

1 — экскаватор; *2* — ковши грейфера; *3* — телескопическая штанга; *4* — напорное устройство; *5* — гидрошланги; *6* — поворотное устройство

При вертикальном или крутонаклонном забое траншею разрабатывают сразу на всю глубину с одного или обоих ее концов.

С помощью специального штангового (рис. 5.7) или грейферного оборудования (рис. 5.8) к экскаваторам с ковшом вместимостью 1 м^3 и более разрабатывают траншею шириной 0,3...1 м и глубиной 18 м и более. Для предотвращения обрушения вертикальных стенок траншеи используют глинистый тиксотропный раствор,

обеспечивающий необходимое гидростатическое давление.

После отрывки на полную глубину траншеи-захватки экскаватор передвигают на новую стоянку, а в открытом участке траншеи возводят монолитную железобетонную стенку. После установки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают под глинистую суспензию методом ВПТ (вертикально перемещающейся трубы). В целях повышения степени индустриализации строительства в последние годы применяют технологию «сборная стена в грунте» (рис. 5.6).

По мере отрывки траншеи (под глинистым тиксотропным раствором) в нее опускают железобетонные панели. Вертикальные зазоры между соседними панелями, между панелями и стенами траншей, а также под днищем панелей заполняют путем нагнетания цементного раствора, для чего в панелях устраивают сквозные вертикальные отверстия.

В ряде случаев траншеи отрывают отдельными участками, длина которых превышает ширину нескольких панелей на 20...25 см. В заполненную глинистым раствором траншею нагнетают цементно-глинистый или цементно-песчаный раствор, объем которого определяется как разность объемов разработанного участка траншеи и тех панелей, которые должны быть установлены на данном участке. Для подачи цементного раствора в траншею опускают металлическую трубу диаметром 10 см, длина которой на 0,5...1 м меньше глубины траншеи. Сверху на трубе закрепляют воронку, а внизу — горизонтальный патрубок с отверстиями. Выходящий через отверстия цементно-глинистый раствор, плотность которого превышает плотность глинистого раствора, вытесняет его и занимает нижнюю часть траншеи. Далее устанавливают панели, полностью вытесняя из траншеи глинистый раствор. Оставшийся цементный раствор заполняет швы между панелями и все остальные пустоты.

При установке панелей в траншею на кондукторы и шаблоны в виде направляющих и опорных рам наружный зазор между стенами траншеи и панелями заполняют цементно-песчаным раствором, а внутренний зазор забучивают песком, щебнем или гравием (рис. 5.6, *б*). В этом случае вертикальные стыки меж-

ду панелями заделывают насухо.

Применение сборных железобетонных панелей позволяет исключить трудоемкие процессы по укладке бетонной смеси, повысить темпы строительства при высоком качестве подземных конструкций. Однако при этом возникают определенные трудности в осуществлении плотного примыкания панелей, их наращивания, заполнения всех пустот и т. п.

Опыт работ широкозахватного грейфера института НИИСП показал, что в плотных грунтах его производительность заметно падает. Для преодоления этих трудностей был разработан широкозахватный грейфер ШГР новой конструкции. Одной из отличительных особенностей является наличие в нем распорных плит, фиксирующих неизменное высотное положение в момент снятия на забое стружки грунта его ковшами, что обеспечивает лучшее их заполнение и повышает КПД грейфера.

Таким образом, разработка горизонтальными забоями траншей короткими захватками-шурфами длиной 3,6 и 5 м в грунтах I...IV групп наиболее эффективна траншейными грейферами конструкции НИИСП при глубинах до 30 м и штанговым экскаватором конструкции НИИСП при длине захватки 2,2 и глубинах до 15 м, а также плоским грейфером конструкции Фундаментпроекта.

Траншеи, близкие по форме к кольцевым, лучше всего разрабатывать штанговыми экскаваторами или грейферами с захватом небольшой длины.

Для проходки траншеи с вертикальными или наклонными забоями удобны землеройные машины, которые непрерывно или циклично разрабатывают траншею на всю высоту. К таким отечественным машинам относятся серийные общестроительные обратные лопаты для траншей глубиной до 7,4 м и драглайны для траншей глубиной до 16,3 м, а также бурофрезерные машины СВД-500Р и гидромеханизированный траншеекопатель (ГМТ) для траншей глубиной соответственно до 40 и 20 м.

Оборудование зарубежного производства представляет собой специальные грейферные (и редко — фрезерные) установки. Наибольшее распространение они получили во Франции, Италии, ФРГ, США, Японии, Англии и некоторых других странах. По принципу за-

крытия челюстей грейферы делятся на механические (тросовые) с гидро- и электроприводом; по принципу подвески грейфера к стреле крана — гибкую (тросовую) и жесткую подвеску. В двухканатных грейферах один канат используют для его подвески, а другой (ходовой) — для управления челюстями.

На плотных грунтах (III...IV групп) наиболее эффективно работают грейферные установки с жесткой подвеской к стреле крана, а с гибкой подвеской и массой грейфера 17 т применяются на полускальных грунтах.

Широко применяются краны фирмы «Поклен» с шарнирно сочлененной стрелой и грейфером на жесткой штанге, которые могут разрабатывать траншеи глубиной до 13 м. Грейфер вместимостью 0,7 м^3, шириной 0,4...1 м и с размахом челюстей до 3,4 м оборудован гидравлическим приводом. Подобные грейферные установки имеют небольшие размеры, весьма мобильны, технологичны. Поэтому они широко применяются в стесненных условиях строительства. В Советском Союзе такие установки, а также их модификации (с телескопической штангой) использует ряд строительных организаций.

Все более широкое применение находит экскаватор ЭО-5122 с оборудованием грейфера на напорной телескопической штанге, разработанный ВНИИстройдормашем (рис. 5.8).

Экскаваторы с грейферными установками устанавливают над форшахтой по оси траншеи. Для уменьшения сопротивления движению грейфер в закрытом виде погружают в траншею, заполненную глинистым раствором. Затем грейфер раскрывается, и после загрузки грунтом и подъема грейфера над форшахтой движение на несколько секунд приостанавливается для стекания раствора из грейфера в траншею. Разгрузку грунта производят путем разворота поворотной платформы со стрелой непосредственно над самосвалом или разгрузочным бункером. Взамен извлеченного грунта в траншею подают глинистый раствор.

Опыт применения способа «стена в грунте» в различных грунтовых условиях показывает, что в ближайшее время этот способ будет широко применяться при строительстве заглубленных сооружений, в особенности в стесненных условиях.

Глава 6
Рациональные комплекты машин для комплексной механизации земляных работ

6.1. Общие сведения

Для комплексной механизации процессов земляных работ, выполняемых как в обычных, так и в стесненных условиях, необходимо правильно подобрать комплекты машин, имеющих в своем составе кроме основных машин также необходимое оборудование и ручные машины.

Комплект машин — это совокупность согласованно работающих и взаимно увязанных по производительности и другим параметрам основных и вспомогательных средств механизации, необходимых для выполнения всех технологически связанных процессов и операций.

Основная ведущая машина в комплекте (экскаватор, скрепер и т. п.) по своей производительности должна обеспечивать выполнение объемов работ в заданные сроки и с заданным темпом. Ведущие машины, рекомендуемые ЦНИИОМТП Госстроя СССР для разработки котлованов и траншей в грунтах различной прочности, в том числе прочных и мерзлых, представлены в табл. 6.1. Производительность вспомогательных машин в комплекте (бульдозеров, катков, трамбовок и т. п.) по рекомендациям ЦНИИОМТП должна быть на 10...15 % больше, чем основной машины. При разработке сезонно-мерзлого грунта комплект машин подбирается по схеме (рис. 6.1).

Выбор комплектов машин для комплексной механизации строительно-монтажных работ обычно осуществляется в два этапа. На первом этапе в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных характеристик объектов, а также принятой технологии производства работ определяют требуемые эксплуатационные параметры основных машин, их типы и марки, а также перечень технологически необходимых вспо-

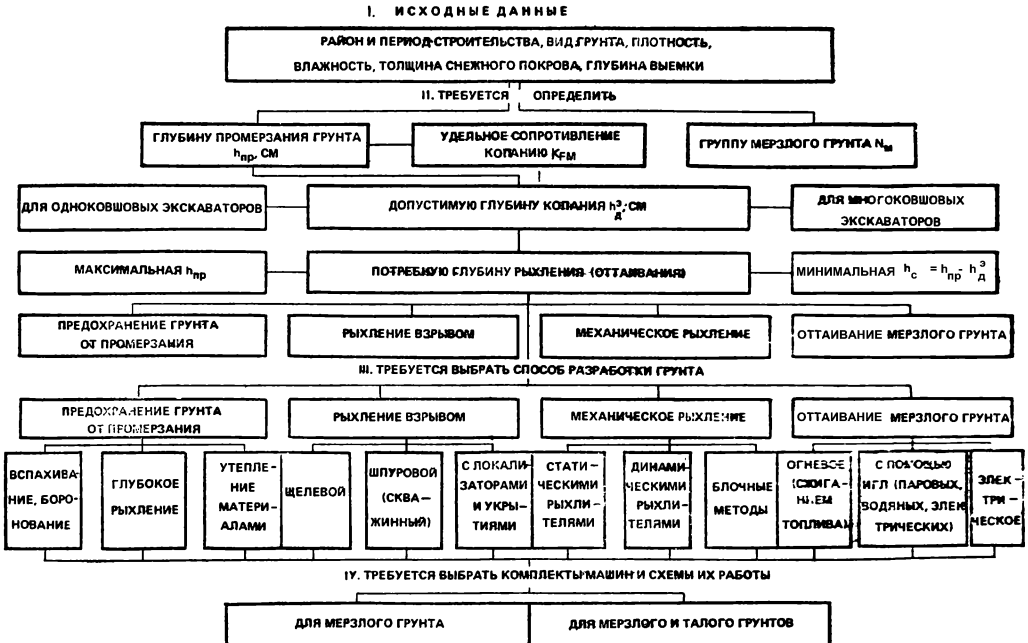


Рис. 6.1. Структурная схема выбора комплекта машин для разработки сезонно-мерзлого грунта

6.1. Номенклатура машин, оборудования и механизированного инструмента для комплексной механизации земляных работ

Машина и ее основные параметры	Технологическое назначение
Планировка площадок с объемом работ до 2500 м³	
Бульдозер на гусеничном или колесном ходу тягового класса 40....100 кН и автоматизированной системой управления	Разработка и перемещение грунта до 100 м
Автогрейдер с гидромеханической трансмиссией с двигателем мощностью 95,5...117,6 кВт	То же
Автогрейдер с автоматизированной системой управления «Профиль-20» мощностью 184,3 кВт	Планировка грунта
Каток прицепной или самоходный на пневмоходу массой 16 т	Уплотнение грунта
Планировка площадок с объемом работ 2500...5000 м³	
Бульдозер с поворотным отвалом на тракторе тягового класса 100...150 кН	Разработка и перемещение грунта до 150 м
Бульдозер тягового класса 100...150 кН с автоматической системой управления точной планировки	Разработка и планировка грунта с перемещением до 150 м
Скрепер прицепной с ковшом вместимостью 8 м³ и автоматической системой «Стабилоплан»	То же, до 500 м
Автогрейдер с автоматизированной системой «Профиль-20» мощностью 184,3 кВт	Планировка грунта
Каток самоходный статический на пневмоколесном ходу массой 16 т	Уплотнение грунта
Каток прицепной статический на пневмоколесном ходу массой 25 т	То же
Виброплиты самопередвигающиеся массой 0,5...0,7 т	То же, малых объемов
Разработка котлованов объемом до 2500 м³	
Экскаватор одноковшовый гидравлический с ковшом вместимостью 0,4...0,65 м³, с устройством для планировки грунта	Разработка грунта
Самосвалы грузоподъемностью 4,5...12 т	Перевозка грунта
Бульдозер тягового класса 30...100 кН	Планировка грунта
Бульдозер-рыхлитель на тракторе тягового класса 150 кН или навесной рыхлитель на тракторе тягового класса 100 кН	Рыхление и перемещение мерзлого грунта

Машина и ее основные параметры	Технологическое назначение
Разработка котлованов объемом 2500...5000 м³	
Экскаватор одноковшовый с механическим или гидравлическим приводом, с ковшом вместимостью 1...1,6 м³	Разработка грунта
Самосвал грузоподъемностью 7...12 т	Перевозка грунта
Бульдозер на гусеничном или колесном тракторе тягового класса 100...250 кН	Планировка грунта
Бульдозер-рыхлитель на тракторе тягового класса 150...350 кН	Рыхление и перемещение мерзлого грунта
Разработка котлованов объемом 5000...25 000 м³	
Экскаватор одноковшовый с механическим или гидравлическим приводом, с ковшом вместимостью 1,6...2,5 м³	Разработка грунта
Самосвал грузоподъемностью 12...30 т	Перевозка грунта
Скрепер самоходный с ковшом вместимостью 15...25 м³	Разработка и транспортировка грунта
Бульдозер на тракторе тягового класса 100...250 кН	Планировка грунта
Бульдозер-рыхлитель на тракторе тягового класса 150...350 кН	Рыхление и перемещение мерзлого грунта
Машина землеройно-фрезерная на тракторе тягового касса 100 кН	Разработка мерзлого и тяжелого грунта
Машина трамбовочная ударного действия (навесная на тракторе) с рабочим органом массой 1,3 т	Уплотнение грунта
Трамбовка массой 0,7...2 т навесная на гидравлическом экскаваторе	Уплотнение рассредоточенных малых объемов грунта
Вибротрамбовка навесная к экскаваторам или кранам массой до 2,5 т	Уплотнение грунта в пазухах
Виброплита самопередвигающаяся массой 0,3...0,5 т	Уплотнение малых объемов грунта
Разработка траншей	
Экскаватор одноковшовый гидравлический с ковшом вместимостью 0,25 м³ на пневмоколесном тракторе тягового класса 14 кН	Разработка грунта
Экскаватор траншейный роторный или цепной с глубиной разработки до 2,2 и шириной до 1,2 м	То же

Машина и ее основные параметры	Технологическое назначение
Экскаватор траншейный цепной с глубиной копания до 3,5 м	Разработка грунта
Экскаватор одноковшовый гидравлический с ковшом вместимостью 0,65...1 м³ и глубиной копания до 5 м	То же
Самосвал грузоподъемностью 4,5...12 т	Отвозка грунта
Бульдозер на тракторе тягового класса до 100 кН	Планировка грунта в траншеях шириной по дну более 2 м
Навесное оборудование к экскаватору для разработки глубоких (до 20 м) траншей	Разработка грунта в узких (0,5...0,7 м) траншеях-щелях при строительстве сооружений способом «стена в грунте»
Навесное оборудование к экскаватору — широкозахватный грейфер для разработки глубоких (до 25 м) траншей	То же

могательных машин, оборудования и механизированного инструмента.

Для ускорения процесса подбора машин пользуются рекомендованной номенклатурой (см. табл. 6.1).

На втором этапе производят выбор наиболее рационального или оптимального варианта механизации на основании технико-экономического сравнения показателей. При небольшом количестве вариантов комплектов машин необходимые технико-экономические расчеты для выбора рационального варианта выполняют вручную, при многовариантных задачах — на ЭВМ.

Основным экономическим критерием для выбора варианта механизации (комплекта машин) являются приведенные затраты, определяемые по формуле

$$З = C_j + E_н \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{бi} T_{oi}}{T_{гi}},$$

где З — приведенные затраты; C_j — себестоимость данного вида механизированных работ на объекте по j-му варианту; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности (0,15); $C_{бi}$ — балансовая

стоимость i-й машины, принятой по j-му варианту; T_{oi} — число смен работы на объекте i-й машины комплекта, принятого по j-му варианту; T_{ri} — годовое нормативное число смен работы i-й машины; n — число машин в комплекте.

Если в рассматриваемых комплектах машин применяют одинаковые вспомогательные машины, и комплекты отличаются только основными машинами, все технико-экономические расчеты при выборе рационального (оптимального) варианта производят только по основным машинам. При разных типах основных и вспомогательных машин в комплекте расчеты производят по всему комплекту в целом.

Экономическую эффективность от применения подобранного комплекта машин $Э_м$ определяют по разнице приведенных затрат по эталонному $З_1$ и принятому $З_2$ вариантам: $Э_м = З_1 - З_2$.

6.2. Определение рациональных комплектов машин и управление производством земляных работ

Для обеспечения условий комплексно-механизированного производства земляных работ на нескольких объектах в течение года необходимо заранее предварительно подобрать необходимые комплекты машин. Если состав и структура машинного парка подрядной строительной организации, ведущей данные работы, не позволяют сформировать необходимое число комплектов машин, то при расчете потребности в машинах определяют номенклатуру и количество недостающих типов машин, намечаемых к поставке. Принципиальная схема подбора комплектов машин для объектов строительства, включенных в годовой план подрядной организации, выглядит следующим образом. Все объекты группируют по объемно-планировочным характеристикам и намечаемой технологии производства работ. Для объектов-представителей устанавливают укрупненные технологические характеристики. Объемы работ распределяют по группам объектов, имеющих одинаковые характеристики. Номенклатуру строительных процессов составляют по каждому виду работ. Из исходной номенклатуры машин подбирают состав и структуру технологических комплектов машин.

Для сложных объектов и при наличии малообъемных рассредоточенных работ в состав комплектов включаются универсальные строительные машины на базе мобильных тракторов и погрузчиков, оснащенных комплектами съемного навесного оборудования (см.

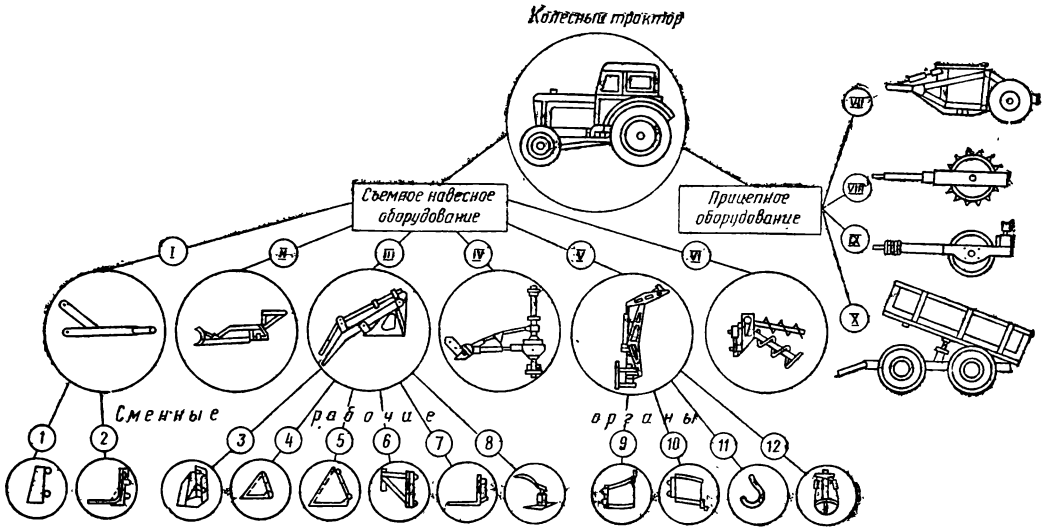


Рис. 6.2. Съемное навесное оборудование и сменные рабочие органы к колесным тракторам

I — бульдозерное оборудование; *II* — планировщик; *III* — фронтальное погрузочное оборудование; *IV* — бур; *V* — неполноповоротное экскаваторное оборудование; *VI* — оборудование для устройства грунтоцементных фундаментов; *VII* — скрепер; *VIII*—кулачковый каток; *IX* — виброкаток; *X* — двухосный прицеп; *1* — отвал; *2* — навесные грузовые вилы на отвал; *3* — бульдозер-планировщик; *4* — ковш нормальной вместимости; *5* — ковш увеличенной вместимости; *6* — безблочная крановая подвеска; *7* — вилочный подхват; *8* — челюстной захват; *9* — ковш прямой лопаты; *10* — ковш обратной лопаты; *11* — безблочная крюковая подвеска; *12* — грейфер

рис. 1.7 и 6.2). Выбор наиболее эффективных комплектов машин производят на основании расчетов технико-экономических показателей работы рассматриваемых комплектов при выполнении ими намечаемых объемов работ. Потребное количество комплектов машин определяют на основании объемов работ, годовой выработки комплектов и годового графика расстановки и перемещения машин по объектам строительства. В табл. 6.2 в качестве примера приведены комплекты машин для устройства сложных (двухъярусных) котлованов под промышленные здания.

6.2. Технологический комплект машин производительностью 5000 м³ в смену для устройства сложных котлованов под промышленные здания

Состав комплекта	Основной параметр	Количество	Технологический процесс
Экскаватор одноковшовый ЭО-6112Б (Э-1252Б)	Вместимость ковша 1,25 м³	1	Разработка грунта в сплошном котловане
Экскаватор одноковшовый ЭО-4121	То же, 0,65 м³	1	То же, в котлованах и траншеях нижнего яруса
Бульдозер ДЗ-18 (Д-493А)	Мощность двигателя 73,5 кВт	1	Зачистка дна котлована
Экскаватор одноковшовый ЭО-4121	Вместимость ковша 0,65 м³	1	Уборка грунта
Погрузчик одноковшовый	То же, до 1,6 м³	1	То же
Самосвал	Грузоподъемность 5 т	5	»
Бульдозер ДЗ-18	Мощность двигателя 73,5 кВт	1	Обратная засыпка
Экскаватор одноковшовый ЭО-4121 с грейферным оборудованием	Вместимость ковша 0,65 м³	1	То же
Бульдозер ДЗ-18	Мощность двигателя 73,5 кВт	1	Послойное разравнивание
Виброкаток самоходный ДУ-10А (Д-455А)	Масса 1,5...1,7 т	1	Уплотнение
Трамбовка ИЭ-4506	Производительность 7 м³/ч	3	То же, в стесненных условиях
Экскаватор ЭО-2621В, снабженный комплектом съемного навесного оборудования	—	1	Малообъемные рассредоточенные работы

6.3. Особенности выбора комплектов машин при реконструкции предприятий

Для эффективного выполнения земляных работ и выбора комплекта машин в условиях реконструкции объектов могут быть использованы организационно-технологические правила (ОТП) выполнения работ. Такие ОТП [5] были разработаны кафедрой технологии строительного производства КИСИ совместно с работниками Минстроя УССР и других организаций.

Значительной особенностью разработанных ОТП является их универсальность, т. е. возможность использования для реконструируемых предприятий независимо от отрасли промышленности и типа предприятия. Это обусловливается тем, что при выполнении одних и тех же строительных процессов в стесненных условиях различных предприятий общими исходными параметрами являются: номенклатура и физические объемы работ данного вида, параметры рабочей зоны стесненной площадки (ширина — B, длина — L, высота от пола до верхнего ограничения существующими конструкциями — H), геометрические размеры реконструируемых конструкций, габариты и рабочие параметры применяемых машин и оборудования, а также заданные сроки производства работ.

Степень стесненности работ определяется отношениями рабочих параметров используемых машин и оборудования к геометрическим размерам рабочих площадок. Например, в одних и тех же условиях рабочей площадки машины небольших типоразмеров могут работать без снижения производительности, а применение машин больших типоразмеров сопряжено с потерей их производительности или вообще невозможно.

В состав ОТП включены методические указания по выбору рациональной технологии производства работ; возможные типовые технологические схемы производства работ, разработанные с учетом привязки рабочих параметров всех применяемых средств механизации к геометрическим размерам рабочих площадок, а также справочно-нормативные данные для выбора рациональной технологии производства работ.

По каждой типовой технологической схеме (см. рис. 4.2) приведены указания по технологии и организации производства работ, область применения, комп-

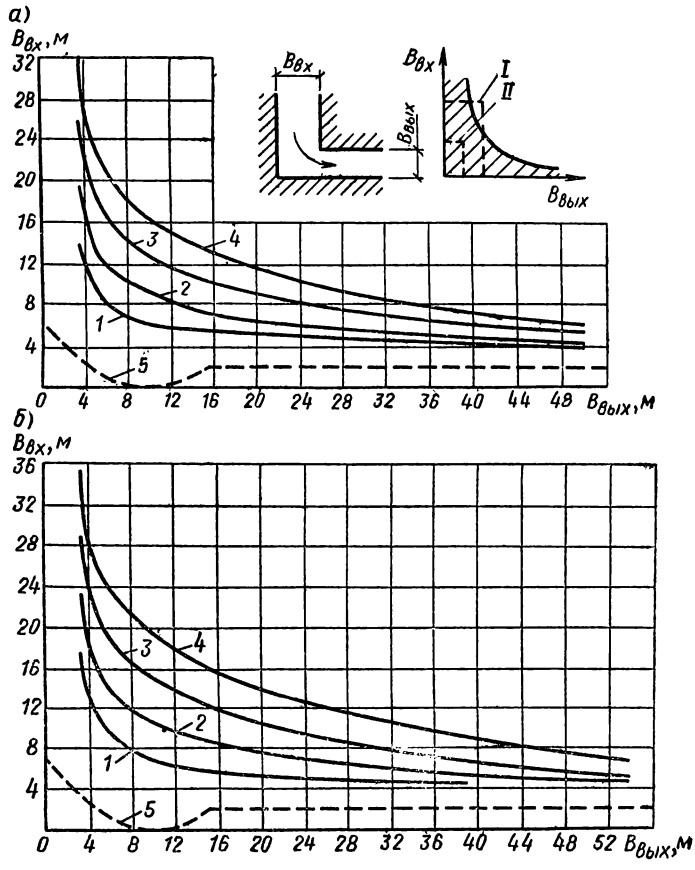


Рис. 6.3. Вписываемость в прямоугольный проезд седельных тягачей с полуприцепами

а — КамАЗ; *б* — МАЗ; *1* — с полуприцепом 6 м; *2* — то же, 12 м; *3* — то же, 18 м; *4* — то же, 24 м; *5* — внешняя габаритная кривая тягача; *I* — вписывание возможно; *II* — вписывание невозможно

лект машин, оборудования и инвентаря, состав звена рабочих и калькуляция трудозатрат на производство указанных работ в расчете на принятую единицу физического объема.

В справочно-нормативных материалах для всех средств механизации, выпускаемых нашей промышленностью, приведены данные по основным парамет-

рам их технических характеристик, по исходным данным для расчета технико-экономических показателей и, что очень важно для стесненных условий, — данные по вписываемости габаритов машин при поворотах в прямоугольные проезды различной ширины (рис. 6.3) и данные по возможности тупиковых и кольцевых обратных разворотов машин в пределах стесненных рабочих площадок различных параметров.

При невозможности движения машин по существующим внутрицеховым проездам доставка их в рабочую зону осуществляется мостовыми кранами действующего цеха или через специальные рабочие проемы в стенах или крыше реконструируемого здания.

Таким же образом (в особо стесненных условиях) в рабочую зону могут доставляться некоторые материалы и изделия и удаляться из нее разработанный грунт, разрушенный бетон и т. п.

Когда рабочие параметры машин и оборудования, работающих в стесненных условиях, превышают ширину рабочей площадки, их эксплуатационная производительность снижается по сравнению с нормативной. При этом необходимо принимать поправочные коэффициенты, учитывающие увеличение рабочего цикла применяемых средств механизации.

Эксплуатационная производительность машин при работе в стесненных условиях $П_{ст}$, м³/ч, при реконструкции действующих предприятий определяется по формуле

$$П_{ст} = \frac{П_н K_и K_с}{K_{ус}} = \frac{8{,}2 V_н K_и K_с}{Н_{вр} K_{ус}}, \qquad (6.1)$$

где $П_н$ — эксплуатационная сменная производительность (выработка) машин при работе в нормальных условиях; $V_н$ — измеритель объемов работ по ЕНиР; 8,2 — расчетная (средненедельная при 5 рабочих днях) продолжительность рабочей смены, ч; $K_и$ — коэффициент использования машины во времени;

$$K_и = 1 - \Sigma K_i, \qquad (6.2)$$

где $\Sigma K_i = K_1 + K_2 +, ..., + K_n$ — коэффициент учета перерывов в работе в зависимости от влияния отдельных факторов (значения коэффициентов K_1, K_2, ..., K_n изменяются от 0,02 до 0,08); $K_с$ — коэффициент учета совместной работы машин ($K_с = 0{,}8—1{,}0$); $K_{ус}$ — коэффициент изменения длительности рабочего цикла вследствие стесненных условий работы ($K_{ус} = 1—1{,}5$); $Н_{вр}$ — норма времени по ЕНиР.

Выбрав по рабочим параметрам возможные для работы в данных условиях комплекты машин и опре-

делив по формуле (6.1) их сменную эксплуатационную производительность, определяют необходимое количество машин данного типоразмера, обеспечивающих заданный темп работ, а при невозможности их размещения рассматривают варианты применения машин меньших типоразмеров.

При производстве строительных работ в реконструируемых цехах действующих промышленных предприятий должны учитываться особые условия, присущие каждому конкретному предприятию (например, недопустимость ударных и вибрационных нагрузок, загазованности и т. п.), которые влияют на выбор технологии и организации строительных процессов и вносят дополнительные требования к технике безопасности.

Выбор эффективных организационно-технологических решений при проектировании и производстве строительно-монтажных работ на реконструируемых объектах (с использованием вышеуказанных ОТП) производится в такой последовательности:

1. Формируются необходимые исходные данные для проработки технических решений по рациональному ведению данных строительных работ на реконструируемом объекте: номенклатура и физические объемы СМР, параметры рабочей зоны площадки (см. рис. 6.3), геометрические размеры реконструируемых строительных конструкций, заданные сроки выполнения СМР, особые условия действующего предприятия.

2. Производятся соответствующие мероприятия по инженерной технологической подготовке производства работ (проверка наличия проектной технической документации и ее согласование с соответствующими организациями, устройство складов для необходимых конструкций и материалов, наличие требуемых средств механизации и др.).

3. По типовым схемам, используя приведенные справочно-нормативные материалы, рассматриваются возможные для данных условий варианты технологии и организации производства работ с учетом техники безопасности.

4. На стадии разработки проекта производства работ производится выбор рационального варианта (при большом количестве возможных вариантов — оптимального, с использованием ЭВМ) и в случае необхо-

димости подаются заявки в соответствующие организации на получение недостающих средств механизации, обеспечивающих наиболее эффективное выполнение СМР в конкретных стесненных условиях.

5. На стадии производства работ по материалам ОТП (с помощью приведенных справочных таблиц и графиков) производится оперативный выбор рационального варианта технологии и организации работ с учетом технических возможностей данной строительной организации.

6. По выбранной технологии производства работ (с использованием методических указаний ОТП) формируются эффективные комплекты машин с определением требуемого количества машин и оборудования и состава звеньев рабочих, обеспечивающих выполнение заданного объема работ в требуемые сроки для данных стесненных условий.

Выбор рационального варианта производства работ и комплектов машин определяется по следующим показателям: продолжительности работ, трудоемкости и приведенным затратам (или себестоимости единицы работ).

Список литературы

1. **Акимова Л. Д. Аммосов Н. Г., Бадьин Г. М. и др.** Технология строительного производства в зимних условиях—Л.: Стройиздат, 1984. — 264 с.

2. **Балбачан И. П., Каммерер Ю. Ю., Осадчий А. М.** Состояние и перспективы разработки мерзлых грунтов//Механизация стр-ва. — 1980. — № 4. — С. 16—19.

3. **Баловнев В. И., Хмара Л. А.** Повышение производительности машин земляных работ. — Киев: Будівельник, 1988. — 152 с.

4. **Баловнев В. И., Хмара Л. А., Голубченко А. И.** Комплект быстросменных рабочих органов к многоцелевому манипуляторному оборудованию с двухпальцевым схватом. — Киев: Реклама, 1988. — 8 с.

5. **Беляков Ю. И., Резуник А. В., Романушко Е. Г. и др.** Организационно-технологические правила производства земляных работ при реконструкции промышленных предприятий. — Киев, 1984. — 226 с.

6. **Беляков Ю. И., Снежко А. П.** Реконструкция промышленных предприятий. — Киев: Вища школа, 1988. — 255 с.

7. **Беркман И. Л., Раннев А. В., Рейш А. К.** Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы. — М.: Высш. школа, 1981. — 304 с.

8. **Бобылев Л. М., Власова Т. Е., Каневский Ю. В. и др.** Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства. — М.: Стройиздат, 1981. — 252 с.

9. **Ветров Ю. А., Кархов А. А., Кондра А. С., Станевский В. П.** Машины для земляных работ. 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Вища школа, 1981. — 383 с.

10. **Гриншпун Л. В.** Повышать эффективность средств механизации работ//Механизация стр-ва. — 1981. — № 9. — С. 27—28.

11. **Дегтярев А. П., Рейш А К., Руденский С. И.** Комплексная механизация земляных работ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1987. — 335 с.

12. **Домбровский Н. Г.** Экскаваторы. — М.: Машиностроение, 1969. — 319 с.

13. **Инженерная** подготовка строительных площадок и благоустройство территорий/Л. А. Болдырева, А. Л. Левинзон, Н. К. Миропольская и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1985. — 287 с.

14. **Литвинов О. О., Беляков Ю. И., Батура Г. М. и др.** Технология строительного производства. — Киев: Вища школа, 1985. — 475 с.

15. **Маковский Л. В.** Городские подземные транспортные сооружения. — М.: Стройиздат, 1979. — 472 с.

16. **Малогабаритные** машины зарубежных фирм: (Обзор выставки «Стройдормаш-88»)//Строит. и дорожные машины. — 1988. — № 10. — С. 28—29.

17. **Опыт** возведения сооружений методом «стена в грунте»/ А. Л. Филахтов, Г. К. Лубенец, Н. В. Писанко, М. Г. Янкулин. — Киев: Будівельник 1981. — 326 с.

18. **Осмачкин Б. П., Теплицкий А. Х.** Контроль качества зем-

ляных работ радиоизотопными приборами. — Киев: Будівельник, 1979. — 72 с.

19. **Полосин М. Д., Поляков В. И.** Индустриализация и машиностроение строительства//Механизация стр-ва. — 1987. — № 12. — С. 20—22.

20. **Попелянский В. А.** Управление строительством в условиях бригадного подряда. — Киев: Об-во «Знание» УССР, 1985. — 14 с.

21. **Руководство** по проходке горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций/ЦНИИОМТП Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1982. — 96 с.

22. **Рекомендации** по технологии разработки грунтов с применением новых машин и навесного оборудования/ЦНИИОМТП Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1984. — 95 с.

23. **Рейш А. К., Борисов С. М., Бандаков Б. Ф.** Машины для земляных работ. 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1981. — 352 с.

24. **Рейш А. К.** Повышение производительности одноковшовых экскаваторов. — М.: Стройиздат, 1983. — 167 с.

25. **Рейш А. К.** Основы технологии выполнения земляных работ одноковшовыми экскаваторами. — Киев: Вища школа, 1987.— 174 с.

26. **Садаков Ю. П., Ващук И. М., Уткин В. И.** Производство земляных работ в условиях городского строительства. — М.: Стройиздат, 1981. — 256 с.

27. **Чебанов Л. С.** Эффективность применения погрузчиков в строительстве. — Киев: Будівельник, 1987. — 80 с.

28. **Чеченков М. С.** Разработка прочных грунтов/2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Стройиздат, 1987. — 232 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. Общие положения по производству земляных работ 5

1.1. Грунты как объект разработки 5
1.2. Группировка грунтов по трудности разработки . 11
1.3. Требования к рыхлению грунтов взрывным и механическим способами 17
1.4. Виды земляных сооружений и машины для земляных работ 23

Глава 2. Основные способы производства земляных работ 57

2.1. Подготовительные работы 57
2.2. Разработка грунтов экскаваторами 64
2.3. Производство земляных работ погрузчиками . 92
2.4. Разработка грунтов скреперами и бульдозерами 98
2.5. Уплотнение грунтов 109
2.6. Контроль качества земляных работ 120
2.7. Понижение уровня грунтовых вод при устройстве выемок 123

Глава 3. Разработка мерзлых и прочных грунтов . . . 129

3.1. Общие сведения 129
3.2. Разработка мерзлых и прочных грунтов экскаваторами и погрузчиками 131
3.3. Рыхление мерзлых и прочных грунтов механическими способами 150
3.4. Рыхление мерзлых грунтов взрывным способом . 158
3.5. Разработка мерзлых и прочных грунтов скреперами 162
3.6. Совершенствование рабочих органов землеройных машин 165
3.7. Оттаивание мерзлых грунтов 172
3.8. Предохранение грунтов от промерзания . . . 175

Глава 4. Производство земляных работ при реконструкции предприятий 178

4.1. Особенности производства работ 178
4.2. Крепление стенок выемок 181
4.3. Разработка грунта в котлованах и траншеях 184
4.4. Закрытые способы прокладки подземных коммуникаций 208
4.5. Обратная засыпка и уплотнение грунта . . . 218
4.6. Техника безопасности при реконструкции предприятий 226

Глава 5. Производство земляных работ при строительстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки 230

5.1. Общие сведения 230
5.2. Строительство подземных сооружений открытым способом 231

5.3. Строительство подземных сооружений закрытым способом 243
5.4. Земляные работы при возведении сооружений методом «стена в грунте» 246

Глава 6. Рациональные комплекты машин для комплексной механизации земляных работ 256

6.1. Общие сведения 256
6.2. Определение рациональных комплектов машин и управление производством земляных работ . 261
6.3. Особенности выбора комплектов машин при реконструкции предприятий 267

Список литературы 269

Производственное издание

БЕЛЯКОВ ЮРИЙ ИВАНОВИЧ
ЛЕВИНЗОН АЛЕКСАНДР ЛЬВОВИЧ
ГАЛИМУЛЛИН ВАЛЕРИЙ АХМЕТОВИЧ

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

Технический редактор М. В. Павлова
Корректор Г. А. Кравченко
ИБ № 5244

Сдано в набор 18.09.89. Подписано в печать 08.12.89. Формат 84×108 1/32. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28. Усл. кр.-отт. 14,49. Уч.-изд. л. 14,42. Тираж 53 000 экз. Изд. № AVII—3056. Заказ № 402. Цена 80 коп.

Стройиздат 101442 Москва, Каляевская 23а

Владимирская типография Госкомиздата СССР
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

Цена 80 коп.

ПМР

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА КНИГ СЕРИИ "ПОВЫШЕНИЕ МАСТЕРСТВА РАБОЧИХ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ" – СПОСОБСТВОВАТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА СТРОИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ, СТРОЕК С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА.

КНИГИ ДАННОЙ СЕРИИ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ДЛЯ РАБОЧИХ, БРИГАДИРОВ И МАСТЕРОВ, ВЛАДЕЮЩИХ РАЗЛИЧНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМИ.

СТРОЙИЗДАТ